

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL PERÚ
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y MECÁNICA



PROGRAMA ESPECIAL DE TITULACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA
LA MAQUINARIA PESADA DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE
CURAHUASI”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AUTOMOTRIZ**

AUTOR

**ESPINOZA GAMARRA CIRO FABRICIO
BACHILLER EN INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

LIMA – PERÚ

2018

DEDICATORIA

A mis padres **Ciro Alejandro** y **Marisa** quienes me dieron la vida y las fuerzas para seguir adelante con amor, consejos y dedicación. A mi novia **Vanessa** por ser parte de mis planes y compañera de vida y a mis abuelos **Belarmina**, **Cesar Ernesto (QEPD)** y **Luz Marina (QEPD)** que siempre me cuidaron con amor.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y las fuerzas necesarias para vencer los obstáculos.

A mi alma mater la Universidad Tecnológica del Perú por brindarme los conocimientos necesarios para desempeñarme en el ámbito profesional.

A la Municipalidad Distrital de Curahuasi por brindarme la oportunidad para realizar este proyecto.

A mi asesor Ing. Francisco Quispe Pichiule, por la dedicación y paciencia en la realización de este proyecto.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
LISTA DE TABLAS	VII
LISTA DE FIGURAS	IX
RESUMEN.....	XI
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO 1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	16
1.1. Planteamiento del problema	16
1.2. Formulación del problema	18
1.2.1. Problema general	18
1.2.2. Problema específico	18
1.3. Objetivos	19
1.3.1. Objetivo general	19
1.3.2. Objetivo específico	19
1.4. Justificación e importancia.....	19
1.5. Limitaciones del proyecto	20
CAPITULO 2 MARCO TEORICO.....	21
2.1. Antecedentes de la investigación.....	21
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	21
2.1.2. Antecedentes Nacionales	23
2.2. Bases teóricas	27
2.2.1. Mantenimiento	27
2.2.1.1. Definiciones de mantenimiento	27
2.2.1.2. Importancia del mantenimiento	28
2.2.1.3. Tipos de mantenimiento	28
2.2.1.4. Técnicas de gestión del mantenimiento	32
2.2.1.5. Indicadores de mantenimiento	33
2.2.1.6. Gestión de mantenimiento	34
2.2.1.7. Vida útil de los materiales	36
2.2.1.8. Costos de mantenimiento.....	37
2.2.1.9. Diseño de un plan de mantenimiento.	40
2.2.2. Maquinaria Pesada.....	41

2.2.2.1.	Definición	41
2.2.2.2.	División de la maquinaria pesada.....	41
2.2.2.3.	Tipos de maquinaria pesada	42
2.2.3	Diagramas	44
2.2.3.1.	Diagrama de Pareto	44
2.2.3.2.	Diagrama de Ishikawa.....	45
2.3.	Definición de Términos	46
CAPÍTULO 3 MARCO METODOLÓGICO		48
3.1.	Variables	48
3.1.1.	Definición Conceptual de Variables	48
3.2.	Metodología.....	50
3.2.1.	Tipo de Estudio.....	50
3.2.2.	Diseño de Investigación:.....	50
CAPÍTULO 4 METODOLOGÍA PARA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA		51
4.1.	Análisis Situacional.....	51
4.1.1.	Organigrama de la Municipalidad Distrital de Curahuasi.....	53
4.1.2.	Unidades del área de equipo mecánico de la Municipalidad Distrital de Curahuasi	58
4.1.3.	Requerimiento de maquinaria en las obras de la Municipalidad Distrital de Curahuasi.	59
4.1.4.	Horas de trabajo aproximadas de cada unidad.....	63
4.1.5.	Horas de mantenimiento correctivo y preventivo.	65
4.1.6.	Indicador de disponibilidad	66
4.1.7.	Diagrama de Pareto para la no atención de las horas requeridas.....	66
4.1.8.	Diagrama de Ishikawa	68
4.2.	Alternativas de solución	70
4.3	Solución del problema	71
4.3.2.	Cronograma del proyecto mediante diagrama de Grantt	75
4.3.3.	Cuantificación del proyecto.....	76
4.3.4.	Desarrollo del Proyecto	77
4.3.4.1.	Determinación de los requerimientos	77
4.3.4.2.	Confección del plan de mantenimiento.....	79
4.3.4.3.	Habilitación del taller de mantenimiento	149
4.3.4.4.	Adquisición de las herramientas.....	156
4.3.4.5.	Capacitación del personal	157

4.4 Recursos humanos y equipamiento	158
Recursos humanos	158
4.5 Análisis económico del proyecto.....	158
4.3.5. Inversión fija	158
CAPITULO 5 ANALISIS DE RESULTADOS	163
5.1 Análisis descriptivo de la información relativa a las variables de estudio.	163
5.2. Análisis teórico de los datos y resultados obtenidos en relación con las bases teóricas de la investigación.	169
5.3. Análisis de la asociación de variables y resumen de las apreciaciones relevantes que se produce (causa y efecto).	170
CONCLUSIONES.....	171
RECOMENDACIONES.....	173
BIBLIOGRAFIA.....	174
ANEXOS.....	178

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Operación que realiza cada maquina	44
Tabla 2: Cuadro de Operacionalización de las variables.....	49
Tabla 3: Listado de unidades del área de equipo mecánico de la Municipalidad Distrital de Curahuasi.....	58
Tabla 4: Horas requeridas en las diferentes obras de la Municipalidad Distrital de Curahuasi.....	62
Tabla 5: Costo de alquiler de maquinaria pesada	63
Tabla 6: Costo de alquiler de maquina a empresas particulares.	63
Tabla 7: Cantidad de horas aproximada de trabajo mensuales.....	64
Tabla 8: Horas de parada de la maquinaria por mantenimiento correctivo y preventivo...	65
Tabla 9: Porcentaje de disponibilidad antes de la implementación del plan de mantenimiento.	66
Tabla 10: Causas de no atención de las horas requeridas.....	67
Tabla 11: Cuantificación del proyecto	76
Tabla 12: Listado de unidades incluidas en el proyecto.	77
Tabla 13: Listado de las unidades con su respectiva codificación.....	79
Tabla 14: Frecuencia de mantenimiento para línea amarilla según horómetro.....	80
Tabla 15: Frecuencia de mantenimiento para volquetes según horómetro.	80
Tabla 16: Ficha técnica de motoniveladora Komatsu GD-555-5	81
Tabla 17: Ficha técnica de Cargador frontal Case 821F	82
Tabla 18: Ficha técnica de cargador frontal Komatsu WA180-3.....	83
Tabla 19: Ficha técnica de excavadora Case CX350B	84
Tabla 20: Ficha técnica de retroexcavadora Case 580SN	85
Tabla 21: Ficha técnica de rodillo Dynapac CA-250-B	86
Tabla 22: Ficha técnica del tractor oruga Caterpillar D6TXL	87
Tabla 23: Ficha técnica del tractor oruga Caterpillar D7G	88
Tabla 24: Ficha técnica del volquete Man TGS WW40.480B.....	89
Tabla 25: Plan de mantenimiento preventivo del cargador frontal, Case 821F.....	109
Tabla 26: Plan de mantenimiento preventivo del cargador frontal, Komatsu WA180-3.....	111
Tabla 27: Plan de mantenimiento preventivo de la excavadora Case CX350B	113
Tabla 28: Plan de mantenimiento preventivo de los tractores oruga Caterpillar D6TXL y D7G.	115
Tabla 29: Plan de mantenimiento preventivo de la retroexcavadora Case 580SN.	116
Tabla 30: Plan de mantenimiento preventivo de la motoniveladora Komatsu GD-555-5	118

Tabla 31: Plan de mantenimiento preventivo del rodillo Dynapac CA-250-B.....	119
Tabla 32: Plan de Mantenimiento preventivo de los volquetes Man TGS WW40.480BB	122
Tabla 33: Tiempos de mantenimiento preventivo.	124
Tabla 34: Horas de mantenimiento por cada mes.....	125
Tabla 35: Programa de mantenimiento preventivo tentativo para el año 2018	126
Tabla 36: Programa de mantenimiento preventivo tentativo para el año 2019	127
Tabla 37: Programa de mantenimiento preventivo tentativo para el año 2020	128
Tabla 38: Costos de los repuestos.....	129
Tabla 39: Costo de los mantenimientos	130
Tabla 40: Costo de mantenimiento preventivo para el año 2018.....	130
Tabla 41:Costo de mantenimiento preventivo año 2019	131
Tabla 42: Costo de mantenimiento preventivo año 2020	131
Tabla 43: Comparación entre el mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo para la unidad Case 821F	132
Tabla 44: Herramientas necesarias para la implementación del plan de mantenimiento	156
Tabla 45: Temario de capacitación al personal	157
Tabla 46: Costos de capacitación al personal.....	157
Tabla 47: inversión fija del proyecto.....	159
Tabla 48: Costo de suministros y materiales.....	159
Tabla 49: Costo del proyecto	159
Tabla 50: Egresos antes del proyecto.....	160
Tabla 51: Disponibilidad de las unidades esperada para el año 2018.....	164
Tabla 52: Disponibilidad de la maquinaria pesada en el mes de diciembre 2017.....	165
Tabla 53: Disponibilidad de la Maquinaria pesada en el de enero 2018	166
Tabla 54: Comparación de disponibilidad antes y después del plan de mantenimiento preventivo	167

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Vida útil de los materiales.	36
Figura 2: Diagrama de Pareto.....	45
Figura 3: Diagrama de Ishikawa	46
Figura 4: Ubicación del Distrito de Curahuasi	51
Figura 5: Organigrama del área de equipo mecánico antes de la implementación del plan de mantenimiento preventivo.	54
Figura 6: Diagrama de flujo de requerimiento de maquinaria pesada.	56
Figura 7: Diagrama de flujo de requerimiento de maquinaria en casos de emergencia....	57
Figura 8: Maquinaria de la Municipalidad Distrital de Curahuasi	58
Figura 9: Diagrama de Ishikawa de la baja disponibilidad de las unidades.	68
Figura17: Despiece del cargador frontal Komatsu WA180-3.....	90
Figura18: Despiece 2 del cargador frontal Komatsu WA180-3.....	91
Figura19: Despiece del cargador frontal Case 821F	92
Figura 20: Despiece 2 del cargador frontal Case 821F	93
Figura 21: Despiece de la excavadora Case CX350B.....	94
Figura 22: Despiece 2 de la excavadora Case CX350B.....	95
Figura 23: Despiece de la motoniveladora Komatsu GD-555-5.....	96
Figura 24: Despiece 2 de la motoniveladora Komatsu GD-555-5.....	97
Figura 25: Despiece de la retroexcavadora Case 580SN.....	98
Figura 26: Despiece 2 de la retroexcavadora Case 580SN.....	99
Figura 27: Despiece del rodillo Dynapac CA-250-b.....	100
Figura 28: Despiece 2 del rodillo Dynapac CA-250-b.....	101
Figura 29: Despiece del tractor oruga Caterpillar D7G.....	102
Figura 30: Despiece 2 del tractor oruga Caterpillar D7G.....	103
Figura 31: Despiece del tractor oruga Caterpillar D6TXL	104
Figura 32: Despiece 2 del tractor oruga Caterpillar D6TXL	105
Figura 33: Despiece del volquete Man TGS WW40.480	106
Figura 34: Despiece 2 del volquete Man TGS WW40.480BB.....	107
Figura 35: Formato de inspección de unidades.....	136
Figura 36: formato de reporte de fallas	137
Figura 37: formato de historial de mantenimiento	138
Figura 38: formato de control de combustible	139
Figura 39: Orden de trabajo.....	140
Figura 40: Formato de Check list del cargador frontal Case 821F	141

Figura 41: Formato de Check list del cargador frontal Komatsu WA180-3	142
Figura 42: Formato de Check list de la excavadora Case CX350B	143
Figura 43: Formato de Check list del tractor oruga Caterpillar D7G y D6TXL	144
Figura 44: Formato de Check list de la retroexcavadora Case 580SN	145
Figura 45: Formato de Check list de la motoniveladora Komatsu GD-555-5	146
Figura 46: Formato de Chek list del rodillo Dynapac CA-250-B	147
Figura 47: Formato de Check list del volquete Man TGS WWW44-480BB	148
Figura 48: Plano del taller de mantenimiento de la Municipalidad Distrital de Curahuasi	149
Figura 49: Delimitación de la zona de mantenimiento del área de equipo mecánico.....	150
Figura 50: Señalizaciones del taller de mantenimiento	152
Figura 51: Señalización de seguridad del personal.....	152
Figura 52: Tablero de herramientas	155
Figura 53: Gabinetes para herramientas.....	155
Figura54: Comparación de la disponibilidad antes y después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo.	167

RESUMEN

Este informe se realizó con el objetivo de implementar un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la atención de las obras con la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Curahuasi, Abancay. Fueron 10 unidades de maquinaria pesada que se usaron para este proyecto. Este informe se inicia con el planeamiento de problema, donde se explica la problemática que se está presentando en el área de maquinaria pesada de la municipalidad, para dar solución a estos problemas, se establecieron los objetivos, del mismo modo se justifica la importancia de realizar un plan de mantenimiento; se continua con el apartado del marco teórico, se citan investigaciones internacionales y nacionales, se hace una revisión sobre las bases teóricas y una definición de la terminología empleada; en el marco metodológico, se mencionan las variables de estudio y la metodología, se continua con la mención del análisis de las horas requeridas en las obras, donde se determinó las causas de las horas no atendidas mediante el diagrama de Pareto y para determinar las causas que generan una baja disponibilidad, se utilizó el diagrama de Ishikawa; a continuación se establece la solución del problema, la planificación del proyecto se dividió en 5 etapas: determinación de los requerimientos, confección del plan de mantenimiento, habilitación del taller de mantenimiento, adquisición de las herramientas y

capacitación al personal, se desarrolló cada etapa determinando un cronograma y el costo, se realiza un análisis económico del proyecto y finalmente, en el último apartado, se hace un análisis de los resultados, los cuales indican que la implementación de un plan de mantenimiento preventivo tiene un impacto positivo para la municipalidad, hubo un aumento en la disponibilidad de las unidades, reducción de costos de mantenimiento, se logra alcanzar la vida útil de las unidades y se mejoró la atención de las obras del distrito.

INTRODUCCIÓN

La maquinaria pesada hace referencia a vehículos que son usados para actividades de construcción, estas máquinas fueron diseñadas para facilitar y reducir el tiempo y mano de obra, estos diseños fueron variando y mejorando con los años adaptándose de mejor forma hacia la actividad específica para la cual fue creada, estos cambios se dieron principalmente en Estados Unidos por la necesidad de realizar actividades como el acarreo, que hizo aparecer ciertas máquinas (niveladora, raspador, buldozer, compactadora) algunas de las primeras máquinas funcionaban por tracción animal, vapor y luego fueron motorizadas. Las maquinarias pesadas son de proporciones grandes, tienen mayor volumen y peso que son necesarios para el movimiento de tierras en grandes cantidades, estas máquinas requieren de un operario para su funcionamiento que varía de acuerdo a la máquina. En la actualidad existen diferentes maquinarias pesadas, aquellas antiguas que fueron adaptadas y algunas creadas ante nuevas necesidades, el uso de maquinaria pesada es indispensable para la construcción de grandes obras, cada vez son más las empresas dedicadas a la venta y alquiler de estas máquinas.

La Municipalidad distrital de Curahuasi con la responsabilidad de convertir a la población en un distrito avanzado y desarrollado, en los últimos años ha ido adquiriendo diferentes tipos de maquinaria pesada, como son; cargador frontal, tractor oruga, motoniveladora, rodillo, excavadora hidráulica, retroexcavadora y volquetes. Esta maquinaria se adquirió con la intención de ejecutar obras donde la maquinaria es esencial y decisiva para su cumplimiento. Para el correcto funcionamiento de la maquinaria pesada, es necesario contar con un adecuado plan de mantenimiento preventivo.

En la historia del mantenimiento se distinguen cuatro generaciones, la primera comienza en medio de la revolución industrial, con la aparición de las primeras máquinas se evidenciaron las averías y a su vez la necesidad de reparación, dichas reparaciones se realizaban cuando las maquinas no funcionaban de forma correcta, lo que actualmente se conoce como mantenimiento correctivo por avería. La segunda generación comienza en los años 50, cuando un grupo de ingenieros japoneses introducen el concepto de revisiones cíclicas, que hace referencia a seguir las recomendaciones de los fabricantes acerca del cuidado y mantenimiento de los equipos, en esta misma generación se incluyen los conceptos de fiabilidad, disponibilidad y costos, que hoy conocemos como mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo. La tercera generación se inicia en los años 80, como consecuencia de la paralización de conceptos de la segunda generación, en esta generación se establecieron conceptos de mantenibilidad y Análisis de Modos de Fallas (AMFE) y se basa en la intervención a los equipos cuando sea necesario, más conocido como mantenimiento predictivo. Por último, a mediados de los años 90 surge la última generación, donde se crean filosofías como el mantenimiento productivo total, mantenimiento por monitoreo de condición, 5S y mantenimiento centrado en la confiabilidad para una mejor calidad en la conservación de los equipos (González 2005).

En el Perú, IPEMAN (Instituto peruano de mantenimiento) señala que en 1976 se inicia la evolución de la Ingeniería de Mantenimiento con la creación de la sociedad nacional de

industrias S.N.I. donde se empiezan a desarrollar cursos sobre mantenimiento. En la actualidad, el mantenimiento es importante para cualquier empresa, para aquellas que cuentan con maquinaria pesada ayuda a mantener la vida útil de las unidades, reducir tiempo de reparaciones, costos y tener una alta disponibilidad de flota.

CAPÍTULO 1

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Curahuasi es uno de los 9 distritos de la provincia de Abancay, se encuentra en el sur del país ubicado en el departamento de Apurímac. El distrito de Curahuasi se encuentra a 2684 msnm, tiene 4 centros poblados menores y 42 comunidades campesinas, teniendo un total de 30,000 habitantes aproximadamente, las principales actividades económicas del distrito son la agricultura, ganadería y comercio. La Municipalidad distrital de Curahuasi es un órgano de gobierno promotor del desarrollo local y se encuentra bajo la administración del gobierno regional de Apurímac.

Dentro de las diferentes actividades y responsabilidades de la municipalidad de Curahuasi, se encuentra la construcción de obras para el desarrollo de la población, la municipalidad de Curahuasi no contaba con maquinaria pesada, es por este motivo que la gestión 2011-2014 dispuso la adquisición de estas máquinas, las unidades adquiridas fueron volquetes,

retroexcavadora, excavadora hidráulica, motoniveladora, rodillo vibratorio, tractor oruga y cargador frontal.

Esta maquinaria es usada para la construcción de diferentes obras en beneficio de la población, como: construcción de escuelas, centros de salud, defensas riveras, saneamiento básico, lozas deportivas, apertura de carreteras hacia comunidades campesinas y mantenimiento de caminos; en tiempo de lluvias se producen deslizamientos de tierra, inundaciones e incluso en algunas ocasiones aluviones, por lo cual es importante que la maquinaria pesada se encuentre disponible cuando se presenten estas emergencias para la reconstrucción de las zonas afectadas.

En la actualidad en el Perú los conceptos y filosofías de mantenimiento son utilizados en su mayoría por empresas privadas preocupadas por la conservación de sus bienes, mientras que algunas organizaciones estatales, como municipalidades, carecen de una gestión de mantenimiento adecuada, Adauto (2016) elaboró un plan de mantenimiento para la Municipalidad de Huancán, Junín ya que no contaban con ningún plan para prevenir averías del cargador frontal, por otro lado, la municipalidad distrital de San Sebastián, Cusco, tenía un plan de mantenimiento ineficiente, tal como lo señalan Fuentes y Béjar (2008). Por su parte, Llauce (2017) menciona que las maquinarias de ciertas municipalidades no tienen una disponibilidad adecuada, como la municipalidad de Masma, Junín, donde la motoniveladora tiene 60.56% de disponibilidad.

La municipalidad distrital de Curahuasi, presenta deficiencias similares a las municipalidades mencionadas, esta municipalidad tiene un área de equipo mecánico que carece de un plan de mantenimiento preventivo, el mantenimiento que se realiza es poco frecuente, sin tareas definidas y sin seguir las recomendaciones del fabricante, originando fallas en las unidades, actualmente la forma de mantener operativa la maquinaria es aplicando mantenimiento correctivo que ocasiona la reducción de la vida útil de las unidades, aumentando el costo de reparación y afectando la planificación de trabajo, la

carencia de una gestión de mantenimiento también se ve reflejado en la falta de inventarios, historial de fallas, formato de inspecciones y formatos de control de cada unidad, es importante mencionar que los conductores no tienen una adecuada capacitación. Finalmente, al realizar el análisis de disponibilidad de las maquinarias de la municipalidad, se observa que presentan un bajo porcentaje, Gamarra (2009) indica que lo adecuado es una disponibilidad de 92% y al tener un bajo porcentaje genera que las maquinarias no cumplan su función.

Por todo lo antes mencionado sobre la importancia de diseñar un plan de mantenimiento para maquinaria pesada, la pregunta de investigación para el presente estudio se muestra en el siguiente acápite.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿De qué manera se mejora la atención de las obras con la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Curahuasi, Abancay?

1.2.2. Problema específico

- ¿De qué manera se mejora la disponibilidad de la maquinaria pesada de la municipalidad distrital de Curahuasi, Abancay?
- ¿De qué manera se reducen los costos de mantenimiento de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Curahuasi, Abancay?
- ¿De qué manera se logra alcanzar la vida útil de la maquinaria pesada de la municipalidad distrital de Curahuasi, Abancay?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Implementar un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la atención de las obras con la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Curahuasi, Abancay.

1.3.2. Objetivo específico

- Implementar un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Curahuasi, Abancay.
- Implementar un plan de mantenimiento preventivo para reducir los costos de mantenimiento de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Curahuasi, Abancay.
- Implementar un plan de mantenimiento preventivo para lograr alcanzar la vida útil de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Curahuasi, Abancay.

1.4. Justificación e importancia

El presente proyecto de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada será de gran importancia y utilidad para la Municipalidad de Curahuasi porque mejorara la atención de las obras del distrito de Curahuasi, aumentará el porcentaje de disponibilidad de las unidades, reducirá los gastos adicionales ocasionados por reparaciones de las unidades al presentar fallas imprevistas de forma constante; al implementar un adecuado plan de mantenimiento se puede prevenir que la maquinaria se malogre con frecuencia o de forma repentina y del mismo modo aumenta el tiempo de vida de cada maquinaria. Por otro lado,

la población de Curahuasi también se verá beneficiada, las maquinarias son utilizadas para realizar obras en la población, por ello la importancia de ejecutar el plan de mantenimiento preventivo con la finalidad de que las obras no se retrasen específicamente por problemas que puedan presentar la maquinaria.

Por otro lado, este proyecto servirá como referencia, guía y orientación a futuros investigadores y profesionales que realicen un trabajo en la misma línea de esta investigación, con la contribución de más proyectos sobre el plan de mantenimiento, las empresas emplearán a más profesionales para realizar un plan preventivo con sus maquinarias ya que conocerán los grandes beneficios que se obtienen, por último, el proyecto servirá para tener un mayor conocimiento sobre el tema y se podrán dar mayores avances.

1.5. Limitaciones del proyecto

- En la etapa de recolección de datos, se presentó una limitación de información por ser considerada sensible algunos datos para la municipalidad distrital de Curahuasi.
- Falta de presupuesto de la Municipalidad Distrital de Curahuasi para realizar análisis de aceite en las unidades.
- Falta de un historial de formatos de mantenimiento en el área de equipo mecánico de la Municipalidad Distrital de Curahuasi.

CAPITULO 2

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

TESIS 1

Autor: Welder Ulisser Vargas Pérez

Título: Programa de mantenimiento para la maquinaria pesada de la zona vial 11, de caminos en el departamento de Izabel

Año: 2004

Institución: Universidad de San Carlos de Guatemala

Resumen:

En su investigación realizada con el objetivo de elaborar un programa de mantenimiento para la maquinaria pesada, compuesta por una tractor oruga, cargador frontal, rodillo, motoniveladora y una retroexcavadora, señala que la mayoría de las unidades han sufrido un deterioro como consecuencia de la falta de un plan de mantenimiento y la carencia de formatos de control. Concluyó que el motor y el tren de potencia son las piezas más

fundamentales en la maquinaria y deben ser prioritarios para el mantenimiento, los deterioros de las transmisiones son producidas por la mala operación al trasladar rodando la maquinaria por distancias largas. La implementación de un plan de mantenimiento contribuirá al correcto funcionamiento de las unidades y prolongar la vida útil.

TESIS 2

Autor: Víctor Armando Hernández Cruz

Título: Plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada en funcionamiento de la zona vial N° 14, dirección general de caminos, Salamá, Baja Verapaz

Año: 2010

Institución: Universidad de San Carlos de Guatemala

Resumen:

Realizó una investigación sobre plan de mantenimiento para los diferentes equipos de construcción de carreteras, dando como resultado que el mantenimiento preventivo es el más correcto y económico. El establecimiento de un programa de capacitación para el personal es de gran ayuda para una adecuada ejecución del plan de mantenimiento, los operadores contribuyeron siendo inspectores de su propia máquina, a través de procesos apropiados de mantenimiento preventivo esenciales como lubricación y engrase, prolongando la vida útil de la maquinaria. Este establecimiento del plan de mantenimiento es llevado a través de registros de servicios, ordenes de trabajo y listado de fallas presentadas. Cuando la maquinaria rueda grandes distancia provoca calentamiento en bombas, frenos y rodajes, este calentamiento degrada el aceite y a la vez malogra los componentes de la maquinaria pesada, cuando la maquinaria opera por largos periodos de tiempo se tiene que realizar paradas para efectuar un mantenimiento para no provocar fallas que incrementaría los costos.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

TESIS 3

Autor: Franklin Fuentes Huañec y Miguel Angel Bejar Challco

Título: Diseño e implementación de un sistema de gestión de mantenimiento de maquinaria pesada con base en el TPM, RCM II y PMO para la Municipalidad Distrital de San Sebastián

Año: 2008

Institución: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

Resumen:

Realizaron una investigación con el objetivo de aplicar técnicas modernas de mantenimiento que mejor se adapten a las instituciones públicas de la región del Cusco, se utilizó como muestra la maquinaria pesada de la municipalidad distrital de San Sebastián, concluyendo que el punto clave para realizar el nuevo diseño de mantenimiento fue el análisis de criticidad para determinar la relevancia de cada equipo, la importancia que tiene conocer el historial de mantenimiento entre 2005-2009, permitió realizar un análisis de modo y efectos de falla (FMECA) determinando que las fallas más importantes afectan a los elementos de desgaste y sistema hidráulico. Por último, se concluyó que una gestión adecuada de mantenimiento tuvo beneficios económicos significativos teniendo indicadores de VAN = 2 804 128.38 soles y un TIR = 27 %.

TESIS 4

Autor: Fernando Gamarra Villacorta

Título: Mejora del sistema de mantenimiento de una empresa constructora

Año: 2009

Institución: Universidad Nacional de ingeniería

Resumen:

Esta investigación tuvo por objetivo trazar las mejoras y metas en el área de mantenimiento de equipo mecánico para una empresa que desea mejorar su sistema de mantenimiento y ser competitiva. Esta investigación se aplicó a la maquinaria pesada de la central hidroeléctrica de Sandía en el departamento de Puno, se concluyó que conocer los índices de mantenimiento, disponibilidad, frecuencia de los mantenimientos preventivos, sus ejecuciones, los tiempos para reparar y tiempo medio entre paralizaciones deben estar en ciertos rangos y a su vez estos tienen relación con menores costos de mantenimiento.

TESIS 5

Autor: Jehysson Miguel Tuesta Yliquin

Título: Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos pesados de la empresa Obrainsa.

Año: 2014

Institución: Universidad Nacional del Callao

Resumen:

En su investigación, en la empresa Obrainsa, dedicada a la construcción, mantenimiento y reparación de vías implementó un plan de mantenimiento productivo total teniendo como principal indicador el tiempo medio entre fallas, el cual aumento considerablemente con la implementación del plan de mantenimiento incrementando la confiabilidad, teniendo así equipos con mayor disponibilidad, otra gestión de mantenimiento fue aplicada al entrenamiento y capacitación del personal, permitiendo identificar las carencias en temas técnicos y de mantenimiento, solucionando estas dificultades se consiguió aumentar la eficiencia y seguridad de los equipos y por último, se implementó las 5S en el taller logrando

cambiar el hábito del personal en todas las áreas, empezando por el cambio en orden y limpieza, señalizaciones y el TPM aplicado en la empresa Obrainsa permitió un beneficio económico favorable en la empresa.

TESIS 6

Autor: Pedro Oswaldo Carbajal Tacanga

Título: Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la empresa de transportes El Dorado S.A.C

Año: 2016

Institución: Universidad Nacional de Trujillo

Resumen:

Realizó una investigación en la empresa de transportes El Dorado S.A.C ubicado en la localidad de Piura, la cual cuenta con una flota de ómnibus de las marcas Mercedes Benz y Scania, con la implementación del plan de mantenimiento se pudo planificar y controlar de manera eficiente la gestión de mantenimiento para lograr el objetivo de diseñar un plan de mantenimiento a través de órdenes de trabajo, fichas de registros vehicular, ficha de revisión técnica, ficha de control de neumáticos y ficha de control de combustible, a su vez estableció estrategias de mantenimiento como actividades de inspección planificadas y control de calidad de las actividades realizadas, dando como resultado una mayor confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de la flota vehicular de la empresa que permitió disminuir costos.

TESIS 7

Autor: Jose Ronald Llaucé Nuñez

Título: Programa de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la Motoniveladora CAT 120K en la Municipalidad Distrital de Masma,

Año: 2017

Institución: Universidad Nacional del Centro del Perú.

Resumen:

En su investigación en la Municipalidad distrital de Masma ubicado en el departamento de Junín, realizó un plan de mantenimiento preventivo con el objetivo de mejorar la disponibilidad de la motoniveladora CAT 120K, luego de la programación del plan de mantenimiento la disponibilidad aumento de 60.56% a 77.22%, también se conoció cuáles son los elementos o componentes de la motoniveladora que son críticos y tener un mayor control sobre ellos, un mantenimiento preventivo al día, evitará paradas innecesarias y por ende se minimizará el costo de posibles reparaciones.

TESIS 8

Autor: Juan Carlos Flores Zuloeta y Julio José Yauri Lucana

Título: Plan de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada para la empresa Hitos San Martin S.A.C, Yauli.

Año: 2017

Institución: Universidad Tecnológica del Perú

Resumen:

La investigación tuvo por objetivo desarrollar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada, aplicada a 7 máquinas entre ellas excavadora, motoniveladora, rodillo compactador y tractor oruga, concluyó que con un plan de mantenimiento preventivo adecuado la empresa tendrá una mayor eficiencia en el uso de las máquinas y la reducción de costo por excesivo mantenimiento correctivo, al determinar el indicador de mantenimiento MTBF permite un mayor monitoreo de las unidades y

aumento del porcentaje de disponibilidad de 83.5% a 92% y redujo las fallas de 100% a 60%.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Mantenimiento

Durante la historia el mantenimiento ha evolucionado y pasado por diferentes etapas, la primera comienza a inicios de la revolución industrial donde los operarios eran los encargados de reparar los equipos, con la creación de máquinas más complejas fue aumentado el interés por el mantenimiento y creando los primeros departamentos cuya función era solucionar las fallas en los equipos, un mantenimiento básicamente correctivo. La definición de confiabilidad y departamentos de mantenimientos se inician desde la primera guerra mundial y continua durante la segunda, donde se pretende prevenir y evitar las fallas en los equipos. El mantenimiento está en relación directa con la fiabilidad, pérdidas por fallas y los costos asociados, tomando aun mayor importancia el mantenimiento dentro de una organización, aparece el mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo, mantenimiento proactivo, gestión del mantenimiento y mantenimiento basado en la confiabilidad. A partir de los años 80s buscando una mayor fiabilidad y optimización de costos se intenta volver al modelo inicial que los operadores se hagan cargo del mantenimiento desarrollando el TPM (mantenimiento productivo total), básicamente los trabajos transferidos al personal son: limpieza, lubricación, ajustes y pequeños mantenimientos como parte de la filosofía TPM que busca cero averías (García, 2003).

2.2.1.1. Definiciones de mantenimiento

Para García (2003), el mantenimiento hace referencia a un grupo de técnicas empleadas con una sola finalidad que es la preservación de los equipos e instalaciones en funcionamiento el mayor tiempo posible que logra un rendimiento adecuado y una elevada disponibilidad.

Duffua, Raouf y Dixon (2000) definen al mantenimiento como la combinación de actividades realizadas buscando a través de ellas que un sistema o equipo se mantenga en un estado ideal, con el objetivo de cumplir sus funciones designadas, a su vez es un factor determinante para obtener calidad en un nivel adecuado, el equipo debe cumplir con sus funciones adecuadamente que son alcanzadas a través de gestiones de mantenimiento.

NORMA DIN 31051 define al mantenimiento como un conjunto de actividades para garantizar la situación ideal de un sistema, también determina el estado real del sistema basándose en medios técnicos y buscando la recuperación del sistema mediante las siguientes actividades: conservación (mantener el equipo en funcionamiento), inspección (evaluar la situación real del equipo) y reparación (arreglar las fallas para un adecuado funcionamiento).

2.2.1.2. Importancia del mantenimiento

El mantenimiento debe ser considerado de gran importancia dentro de una organización, puesto que de ello depende que un sistema o equipos se conserven en condiciones de operación adecuada. Con una apropiada gestión de mantenimiento se garantiza la conservación del equipo, disponibilidad, calidad del producto y reducción de costos en los equipos de una organización (Moreno, 2009).

2.2.1.3. Tipos de mantenimiento

Según Gómez De León (1998) establece cuatro tipos de mantenimiento basados en un enfoque metodológico, a continuación son descritos:

A. Mantenimiento correctivo

Este tipo de mantenimiento, también denominado a rotura, es utilizado en componentes cuando el fallo se produjo. Este tipo de mantenimiento no necesita una previa planificación por lo cual no es un mantenimiento planificado, en algunos casos se aprovecha una tarea básica del componente (limpieza, engrase) y con cierta previsión se sustituyen los

repuestos que constantemente se remplazan. Muchas organizaciones siguen practicando esta filosofía de mantenimiento por diversos motivos, partiendo de la falta de gestión de mantenimiento y llegando a la justificación de un bajo costo de los componentes donde los sistemas son auxiliares y no afecta en la producción de la organización (Gómez de León, 1998).

B. Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento tiene como finalidad asegurar la disponibilidad del sistema o equipo para obtener un rendimiento óptimo, esta filosofía de mantenimiento busca reducir la reparación de los componentes del sistema, mediante una rutina de inspecciones periódicas (engrase, cambio de lubricante y limpieza) y el remplazo de los elementos malogrados. Las inspecciones se realizan desmontando total o parcialmente al sistema con el objetivo de inspeccionar el estado de los elementos remplazando aquellos que se estime oportuno a la vista del examen. Una desventaja de esta filosofía es el costo que supone las inspecciones y la revisión de una máquina que está operando adecuadamente, por eso depende mucho la correcta elección del periodo de inspección para no perjudicar la producción del sistema. En cualquier etapa de inspección no se descarta la posibilidad de una falla inesperada (Gómez de León, 1998).

Según Medrano, González y Díaz de León (2017) existen ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo, se describen a continuación:

Ventajas del mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se implanta teniendo como referencia las actividades efectuadas por el mantenimiento correctivo. El mantenimiento preventivo presenta ciertas ventajas sobre el mantenimiento correctivo como el costo y tiempo de operación del equipo. A continuación, se presentan otras ventajas que no necesariamente se cumplen en todas las organizaciones.

- Seguridad, cuando una organización tiene un plan de mantenimiento preventivo, el personal trabaja en mejores condiciones de seguridad dado que se conoce mejor el estado físico de las máquinas y sus condiciones de operación evitando accidentes.
- Tiempo muerto, es posible reducir o eliminar el tiempo que los equipos queda fuera de servicio debido a alguna falla, esto se obtiene aplicando el mantenimiento preventivo adecuadamente.
- Vida útil, los equipos y elementos sometidos a un mantenimiento preventivo tienden a tener una vida útil mayor a la que tendrían con un mantenimiento correctivo.
- Costo de las reparaciones, con un mantenimiento preventivo se consigue un menor costo por reparaciones, porque se busca prever la falla, mientras que en un mantenimiento correctivo cuando una pieza o elemento falla, se dañan otras piezas aumentando el costo de reparación.
- Inventarios, se reduce los costos de inventarios, con un mantenimiento preventivo se programa los repuestos e insumos de mayor y menor consumo evitando una excesiva adquisición y posible daño en el almacenaje.
- Carga de trabajo, el personal de mantenimiento preventivo tiene un trabajo uniforme y programado evitando tiempos muerto de los técnicos.
- Calidad de producción, con un mantenimiento preventivo los equipos o maquinas tiene una buena producción.

Desventajas del mantenimiento preventivo

La principal desventaja del mantenimiento preventivo es que, si no se obtienen resultados favorables, su implementación puede resultar más costosa, a continuación, se mencionan otras desventajas.

- Falta de personal calificado, cuando se aplica un mantenimiento preventivo tiene que ser ejecutado por un personal calificado con conocimiento en el equipo a intervenir, de lo contrario podría generar mayores problemas.
- Cambio innecesario de piezas, cambiar una pieza antes de concluir su vida útil genera un costo alto en repuestos e insumos.
- Mal funcionamiento del equipo, intervenir un equipo de forma inadecuada y constante puede ocasionar un mal funcionamiento.

C. Mantenimiento predictivo

También conocido como mantenimiento según estado o según condición, es un mantenimiento que se crea buscando una reducción de costos frente a los mantenimientos correctivos y preventivos. Esta filosofía se basa en conocer el estado de los equipos mediante indicadores y vigilancia continua, buscando remplazar los elementos cuando no estén en buenas condiciones operativas suprimiendo el mantenimiento preventivo (paradas por inspección) y por otro lado suprimir el mantenimiento correctivo (averías imprevistas) mediante la detección de cualquier anomalía funcional del sistema. Como toda filosofía tiene ventajas y desventajas entre sus ventajas se puede mencionar: detectar, identificar y observar los defectos sin necesidad de desmontar el sistema, elaborar un historial de funcionamiento, programar la parada para la corrección del defecto, programar los repuestos y el personal, reducir tiempos y las desventajas son: que no existen parámetros que sean capaces de reflejar exactamente el estado de una máquina (Gómez de León, 1998).

D. Mantenimiento productivo total

Este mantenimiento surge y se desarrolla en Japón basándose en un análisis de calidad de la producción y estudios de rendimiento, este mantenimiento intenta recoger las tendencias más recientes de mantenimiento con el objetivo de aumentar los índices de

funcionamiento de los equipos (fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad), calidad de producción y finalmente su repercusión en la economía de la organización (Gómez de León, 1998).

2.2.1.4. Técnicas de gestión del mantenimiento

A. Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)

Moubray (1997) denomina mantenimiento centrado en la confiabilidad porque tiene como objetivo principal aumentar la confiabilidad de los elementos de un sistema evitando paradas imprevistas que eviten cumplir su producción. Sus objetivos secundarios están basados en el aumento de la disponibilidad y la disminución de los costos de mantenimiento, esta filosofía emplea el análisis de fallas como herramienta para determinar las más importantes y tomar las acciones correspondientes. Una definición más amplia del RCM lo define como el proceso que se usa para asegurar que un elemento continúe desempeñando las operaciones deseadas.

B. Metodología de las 5s

Es una metodología creada en Japón, teniendo como base fundamental el orden y la limpieza con el objetivo de eliminar los desperdicios y pérdidas procedentes del desorden y suciedad en las empresas u organizaciones. Las 5S se ha convertido en toda una filosofía logrando beneficios sobre el rendimiento del trabajo de las personas. La filosofía de las 5s está constituida por las siguientes etapas.

- Seiri (clasificar) consiste en clasificar los elementos dispensables de los indispensables que serán eliminados.
- Seiton (organizar) identificar y disponer de forma adecuada los elementos en el centro de labores, otorgando un espacio para cada elemento y se encuentren al alcance cuando sean requeridos.

- Seiso (limpiar) se basa en la limpieza del área de trabajo, los equipos y la higiene del personal.
- Seiketsu (estandarizar) consiste en mejorar y optimizar la clasificación, organización y limpieza en el trabajo.
- Shitsuke (autocontrolar) consiste en brindar entrenamiento al personal a cargo para mantener la tarea de clasificación, organización y limpieza aplicando los procedimientos correctos.

2.2.1.5. Indicadores de mantenimiento

A. Confiabilidad

Gómez De León (1998) define a la fiabilidad como la probabilidad que un sistema o equipo realice una determinada función con condiciones de operación adecuada durante un periodo de tiempo. La fiabilidad se empezó a utilizar durante la segunda guerra mundial, desde entonces la utilización de las técnicas de fiabilidad se ha incrementado con el objetivo de conocer la fiabilidad de un sistema. La fiabilidad se puede calcular con los siguientes métodos estadísticos.

- Distribución de Weibull
- Distribución exponencial
- Distribución carga-resistencia
- Análisis de sobrevivencia y falla

B. Mantenibilidad

Gómez de León (1998) lo define como la probabilidad de que un sistema sea restaurado completamente a su estado ideal de operaciones dentro de un tiempo dado. El valor de la mantenibilidad para un tiempo supone de alguna manera, la valoración de la facilidad de reparación. La mantenibilidad de un sistema puede definirse como:

$$M(t) = \int_0^t m(t) dt$$

Donde $m(t)$ es la densidad de probabilidad de tiempo de reparación.

C. Disponibilidad

González (2004) lo define como el porcentaje de tiempo que el sistema o equipo esta útil para producir cuando se necesite. Mientras tanto el tiempo que esta fuera se considera indisponible, debe contemplar toda parada sea por mantenimiento correctivo o preventivo desde el momento que queda fuera de servicio. Se puede definir de la siguiente manera:

$$\text{disponibilidad} = \frac{\text{tiempo total} - \text{tiempo fuera de servicio}}{\text{tiempo total}}$$

O a su vez es traducido en:

$$\text{disponibilidad} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTRR}}$$

Tecsup (2014) menciona los siguientes indicadores de gestión.

D. Disponibilidad Física y mecánica

$$\text{Disponibilidad física \%} = \frac{\text{horas programadas} - \text{horas de parada}}{\text{horas programadas}}$$

$$\text{Disponibilidad mecánica \%} = \frac{\text{horas de operación}}{\text{horas de operación} + \text{horas de parada}}$$

2.2.1.6. Gestión de mantenimiento

Tuesta (2014) define la gestión del mantenimiento como la efectiva y eficiente utilización de los recursos de una organización tales como económicos, humanos y el tiempo

estimado para alcanzar los objetivos del mantenimiento. En la actualidad la gestión del mantenimiento se presenta como el conjunto de técnicas enfocadas en conservar los elementos o unidades en producción en el transcurso de su ciclo de vida buscando llegar a su máxima disponibilidad y disminución de costos.

Dentro de la gestión del mantenimiento se puede definir etapas:

Planificación: es el proceso que consiste en la definición de actividades y procedimientos determinado el alcance del mantenimiento (ordenes de trabajo a efectuarse), la forma como se efectuará el mantenimiento (procedimientos, normas, documentación técnica), el personal necesario para la actividad, equipos y herramientas a emplear e inspecciones que se realizará en el plan de mantenimiento determinados en un tiempo (diario, semanal, mensual, anual).

Para cumplir con una adecuada planificación se considera los siguientes aspectos.

- Definir los objetivos y metas en cuanto a los sistemas a mantener
- Establecer un orden de prioridades de los elementos de cada sistema para garantizar una disponibilidad
- Implementar una codificación de los elementos del sistema, inventarios, registros de fallas y causas.
- Definir los indicadores de mantenimiento que nos permitan conocer el estado del sistema para la toma de decisiones correctas.

Programación: es la etapa donde se determina el tiempo (frecuencias) correcto para la realización de las actividades planificadas.

Ejecución y control: esta etapa está definida por la vigilancia de cada elemento y verificar que estén dentro de los indicadores correctos para garantizar el correcto funcionamiento del sistema y cumplir con los objetivos de las anteriores etapas.

2.2.1.7. Vida útil de los materiales

Mora (2009) refiere que la vida útil de un elemento, equipo o sistema es el tiempo estimado donde cumple correctamente su función designada. En elementos pequeños la vida útil es determinada en horas y en equipos grandes en años. En automóviles o maquinaria pesada la vida útil es el tiempo donde la unidad cumple ciertos parámetros de disponibilidad y mantenimiento, en el cual pueden desempeñar su función correctamente con una alta disponibilidad y un porcentaje de falla aceptable. Con el mantenimiento se garantiza que el equipo se desempeñe correctamente durante su vida útil e incluso sobrepasar lo estimado por el fabricante.

La curva de Davies o curva de la bañera, es una gráfica que representa la evolución del tiempo frente a la tasa de fallas de un equipo.

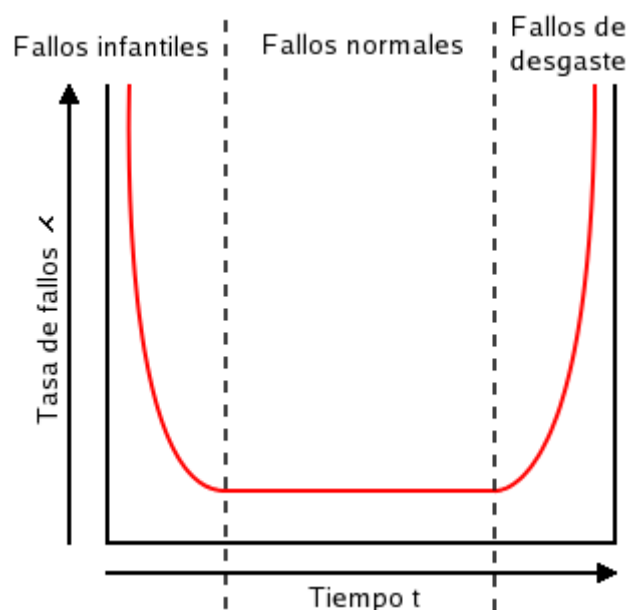


Figura1: Vida útil de los materiales.

Fallas infantiles, el comportamiento de la tasa de fallas en esta parte es decreciente, cuando pasa el tiempo la probabilidad de falla desaparece, en esta etapa se aplica un mantenimiento correctivo porque cada falla es diferente. Las principales causas de fallas principales son:

- Diseños deficientes
- Defectos de materiales
- Calidad deficiente de elementos y repuestos
- Mantenimiento incorrecto
- Montajes inadecuados

Fallas normales, el comportamiento de la tasa de fallas en esta etapa es constante, determinada por causas externas al equipo, las principales causas son:

- Accidentes fortuitos
- Mala operación
- Cambios constantes en las condiciones de funcionamiento

Fallas por desgaste, el comportamiento de la tasa de fallas en esta etapa se incrementa constantemente con el paso del tiempo, las principales causas son:

- Fallas por desgaste de los elementos, envejecimiento o la pérdida de poder realizar su función correctamente.
- Fallas por exceso de uso o abuso de la unidad.

2.2.1.8 Costos de mantenimiento

Navarro, Pastor y Mugaburu (1997) indican que en la actualidad el mantenimiento es considerado una actividad esencial para la economía de una empresa u organización, alcanzado tal importancia se busca un mantenimiento planificado para las unidades de la empresa, evitando fallas que generen pérdidas económicas, para contribuir a la planificación se recomienda tener una base de datos tanto técnicos como de costos reales de mantenimiento para cada unidad de la empresa, estos mismos autores indican que existen tipos de costos de mantenimiento, costos fijos, costos variables, costos financieros y costo de falla.

A. Costos fijos de mantenimiento

Los costos fijos tienen como principal característica ser independientes del volumen de producción y las ventas. Son los costos generados por el mantenimiento preventivo y predictivo asegurando el estado de las unidades e instalaciones a mediano y largo plazo. Dentro de los costos fijos se puede mencionar los siguientes.

- Costo generado por mano de obra directa (técnicos de mantenimiento)
- Costo generado por mano de obra indirecta (administradores del área de mantenimiento).
- Costo de los repuestos y materiales empleados en el mantenimiento.
- Costo de utilización de los equipos herramientas.
- Costos generados por el pago de seguros para el mantenimiento de ciertos equipos.

B. Costos variables de mantenimiento

Los costos variables tienen como característica ser proporcionales al volumen de producción, son los costos producidos por el mantenimiento correctivo como consecuencia de la utilización constante de las unidades, para reducir costos variables de mantenimiento es evitando que se produzcan fallas.

- Costo generado por mano de obra directa (técnicos de mantenimiento).
- Costo de los repuestos y materiales empleados en el mantenimiento.
- Costo generado por el uso de los equipos y herramientas.

C. Costos financieros de mantenimiento

Los costos financieros asociados al mantenimiento son:

- El valor total del stock de repuestos en el almacén, más el valor estimado de su almacenamiento. Es necesario tener una cantidad optima de repuestos, si los

repuestos son pocos podrían generar un retraso en la producción de las unidades, y si son excesivos aumentarían el costo de almacenamiento.

- Costo de tener unidades o instalaciones duplicadas para obtener una mayor disponibilidad, dado que en determinados momentos una unidad necesita parar por mantenimiento.

D. Costos de falla

Son los costos que originan las fallas y los ingresos que la empresa deja de percibir, como consecuencia del mantenimiento de las unidades, estos costos comprenden:

- Costo generado por la paralización de la producción debido a un fallo.
- Costos originados por la pérdida de calidad debido a defectos en los equipos.
- Costos originados por deterioro prematuro de las unidades a causa de un mantenimiento inadecuado.
- Costos procedentes de accidentes de trabajo originados por la falta de seguridad en equipos con fallos.
- Costo por sanciones ambientales, por equipos defectuosos debido a que las emisiones sobrepasan las tolerancias permitidas.

E. Costo integral de mantenimiento

Son todos los costos dentro de una empresa u organización originados por la gestión de mantenimiento de las unidades, estos costos incluyen los costos relacionados con el funcionamiento del equipo y los costos relacionados directamente con su mantenimiento.

El costo integral de mantenimiento de una empresa sería igual a la suma de los costos fijos más los costos variables, los costos financieros y los costos de falla.

2.2.1.9 Diseño de un plan de mantenimiento

A continuación, se muestran elementos de mantenimiento que forman parte de un programa eficaz de mantenimiento. Los objetivos de estos elementos son mejorar la disponibilidad, reducir los costos, mejorar la confiabilidad de los equipos y la calidad del producto (Duffuaa, Salih, A Rouf, Campbell John 2000).

- Mantenimiento planeado, es una acción tomada dentro de una organización o empresa para convertir la mayor parte de trabajo de mantenimiento en mantenimiento programado este puede ser preventivo o predictivo, en un mantenimiento planeado todas las actividades y abastecimiento de materiales se planean previamente y son ejecutados en momentos que no alteren con la producción del equipo.
- Mantenimiento de emergencia, se refiere al trabajo no planeado como consecuencia de una falla imprevista que comienza con la aparición de esta, este mantenimiento no permite tiempo para una planificación, el mantenimiento de emergencia debe ser reducido al mínimo y no deberá exceder el 10 % del trabajo de mantenimiento.
- Mejora de la confiabilidad, el indicador de confiabilidad es una herramienta inteligente para mejorar la función de mantenimiento, un método para mejorar la confiabilidad es hacer cálculos sobre el tiempo medio entre fallas pudiendo calcularse para un periodo de “n” horas en las cuales habrá “n” acciones de mantenimiento de emergencia, cuando mayor sea el tiempo medio entre fallas menor será la cantidad de mantenimientos de emergencia, un segundo método para mejorar la confiabilidad es aplicar un mantenimiento centrado en la confiabilidad buscando llevar al equipo a una condición ideal.

- Reducción de costos, el mantenimiento puede contribuir a reducir costos en una organización o empresa, esta reducción se logra aplicando técnicas de ingeniería con la finalidad de simplificar y eliminar pasos innecesarios de mantenimiento que dan como resultado un ahorro en los costos, muchas técnicas incluyen una consideración sobre materiales y repuestos alternos.
- Capacitación y motivación de los empleados, gran parte de la ineficiencia en el mantenimiento es producido por la falta de trabajadores calificados, por lo que es necesario contar con un programa constante de capacitación al personal, asegurándose de mejorar y actualizar las técnicas de mantenimiento. Los departamentos de mantenimiento deben contar con un plan anual de capacitación acompañado de un programa de motivación fomentando la mejora continua.

2.2.2 Maquinaria Pesada

2.2.2.1. Definición

Vehículo automotor destinado exclusivamente a obras industriales, incluidas las de minería, construcción y conservación de obras que por sus característica técnicas y físicas no pueden transitar por las vías de uso público o privadas abiertas al público (Ley 769, 2002).

2.2.2.2. División de la maquinaria pesada

Mediante su aplicación se dividen en:

A. Maquinaria de construcción civil

- Bulldozer o tractor oruga
- Cargador frontal
- Excavadora hidráulica
- Retroexcavadora

- Motoniveladora
- Camión volquete
- Rodillos y compactadores

B. Maquinaria de minería

- Scooptram
- Volquetes de bajo perfil
- Jumbos hidráulicos.

2.2.2.3. Tipos de maquinaria pesada

Bulldozer, tractor oruga

El bulldozer es un tractor montado sobre orugas o neumáticos, diseñado para excavación, empuje o tracción, compuesta por un chasis y una hoja vertical situada en la parte delantera del tractor, también incluye implementos (ripper, winche, etc) (Ley 769, 2002).

Cargador frontal

El cargador frontal es un tractor, montado sobre orugas o neumáticos, que tiene un cucharón frontal de gran tamaño. Los cargadores son equipos para excavar, acarreo y eventualmente excavación. Se utiliza principalmente en la carga de materiales (Day 1985).

Retroexcavadora

La retroexcavadora es una máquina de construcción sobre ruedas, compuesto de una pala en la parte delantera y una pala de excavación en la parte posterior de forma que pueden ser utilizados alternativamente. Cuando se usa como excavadora, la maquina excava por debajo del nivel del suelo por el movimiento de la pala excavadora hacia la máquina, con el cucharon delantero puede cargar o excavar materiales (Ley 769, 2002).

Excavadoras

La excavadora es una máquina de construcción autopropulsada sobre cadenas o neumáticos con una estructura capaz de girar 360° que excava o carga, eleva, gira y descarga materiales por la acción de una cuchara fijada a un conjunto de pluma y balancín o brazo, sin que el chasis o la estructura portante se desplace (Delgado, 2014).

Motoniveladoras

Las motoniveladoras son máquinas, compuestas por ruedas que se utiliza para mover tierra u otro material suelto mediante una hoja de corte pudiendo tener movimientos verticales, horizontales, rotación y translación en su propio plano. El movimiento horizontal de la hoja varia de 0° a 180° y el vertical puede tener una inclinación respecto al suelo de 90° (Day 1985).

Compactadores

Son máquinas de construcción, compuesta por uno o más cilindros dotado de un movimiento excéntrico en el interior del cilindro que le proporciona un movimiento vibratorio, diseñadas para aumentar la densidad de los materiales (Delgado, 2014).

Volquete

Son vehículos fabricados en serie provisto de neumáticos, en la parte posterior del chasis se ha montado una caja o tolva basculante, la principal actividad que realiza es el transporte de tierra, agregados y otros materiales de construcción.

2.2.2.4. Operación que realiza cada maquina

Tipo de maquina	Operación	Actividad
Bulldozer o tractor oruga	<ul style="list-style-type: none">• Excavar• Acarreo	<ul style="list-style-type: none">• Grandes excavaciones• Apertura de vías• Movimiento de tierras
Cargador frontal	<ul style="list-style-type: none">• Excavar• Cargar• Acarrear o transportar materiales	<ul style="list-style-type: none">• Carga de materiales• Excavación de terreno• Movimiento de tierra
Retroexcavadora	<ul style="list-style-type: none">• Excavar• Cargar	<ul style="list-style-type: none">• Excavacion de zanjas, cimientos, canales.• Desmote y carga de materiales
Excavadora	<ul style="list-style-type: none">• Excavar• Cargar	<ul style="list-style-type: none">• Excavación de zanjas• Excavación para estructuras.• Peinado de taludes
Motoniveladora	<ul style="list-style-type: none">• Excavar• Nivelación• Corte	<ul style="list-style-type: none">• Peinado de taludes• Nivelación y excavaciones pequeñas• Construcción de cunetas
Rodillo	<ul style="list-style-type: none">• Compactación	<ul style="list-style-type: none">• Compactación de vías• Compactación de superficies plana
Volquete	<ul style="list-style-type: none">• Carga y descarga de material• Acarreo	<ul style="list-style-type: none">• Transporte de materiales

Tabla 1: Operación que realiza cada maquina

2.2.3 Diagramas

2.2.3.1. Diagrama de Pareto

De acuerdo a Sales (2009), el diagrama de Pareto lleva ese nombre en honor al economista italiano Vilfredo Pareto, quien desarrollo una distribución de la riqueza, posteriormente el Dr. Juran aplicó este concepto a la calidad obteniéndose lo que hoy se conoce como la regla 80/20.

El diagrama de Pareto es un gráfico por medio de barras donde se clasifican datos (causas) por orden descendente, de izquierda a derecha, de modo que se puede establecer un orden de prioridades. Este diagrama permite detectar los problemas de más relevancia

(pocos vitales, muchos vitales) que dice que 80% de los resultados totales se originan en el 20 % de los elementos. La minoría vital aparece a la izquierda de la gráfica y la mayoría útil a la derecha. La escala vertical es para el costo en unidades monetarias, frecuencia o porcentaje. El gráfico es muy útil permitiendo identificar visualmente las minorías de características vitales a las que es necesario prestar atención para llevar a cabo una acción correctiva sin malgastar esfuerzos.

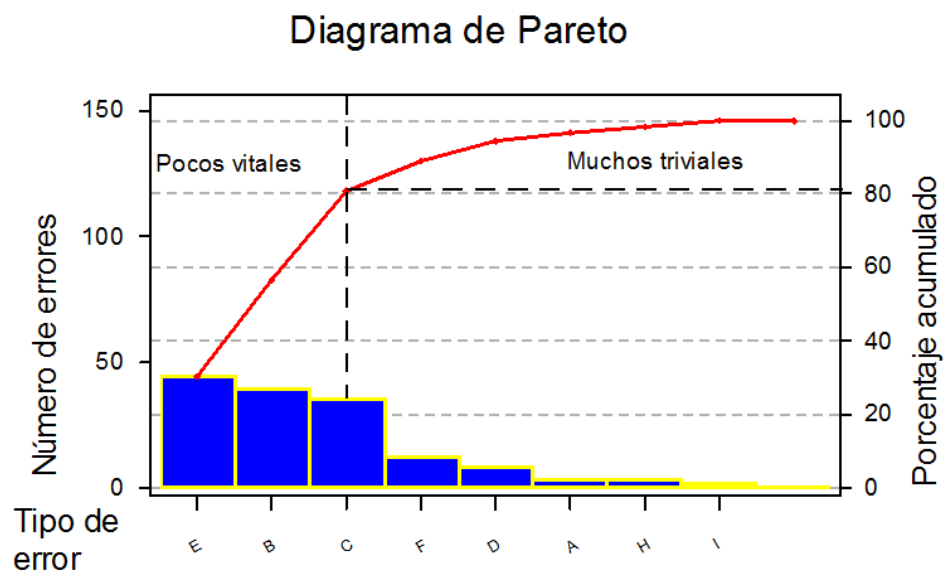


Figura2: Diagrama de Pareto

2.2.3.2. Diagrama de Ishikawa

El diagrama de "Ishikawa" o diagrama de Causa-Efecto es creado por Kaoru Ishikawa, experto en dirección de empresas interesado en mejorar el control de la calidad; también es llamado "Diagrama Espina de Pescado" porque su forma es similar al esqueleto de un pez (Ishikawa, K. 1943).

El diagrama Causa-Efecto permite ordenar todas las causas que supuestamente pueden contribuir a un determinado efecto, permitiendo un conocimiento común de un problema complejo. Es importante saber que los diagramas de causa-efecto presentan y organizan

teorías, sólo cuando estas teorías son contrastadas con datos se puede probar las causas de los problemas.

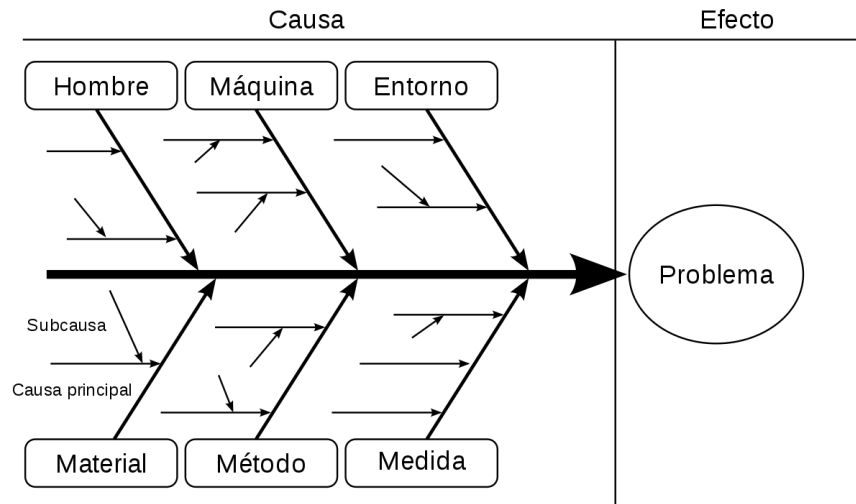


Figura3: Diagrama de Ishikawa

2.3. Definición de Términos

- **Disponibilidad:** Probabilidad que posee un elemento o equipo de cumplir su función adecuadamente en un tiempo determinado. La disponibilidad es expresada en porcentaje de tiempo que está listo para producir.
- **Confiabilidad:** Capacidad que tiene un componente, equipo o sistema de cumplir su función básica durante un periodo de tiempo determinado bajo condiciones de operación establecidas.
- **Mantenibilidad:** Es la propiedad que tiene un equipo, sistema o equipo para ser restaurado y volver a cumplir su operación dentro de un periodo de tiempo preestablecido.

- **Maquinaria Pesada:** Son un grupo de maquinarias accionadas por un motor de combustión, utilizadas en diversas actividades, por ejemplo, construcción, movimiento de tierras, etc.
- **Mantenimiento Predictivo:** Es un tipo de mantenimiento basado en el monitoreo constante de un elemento o equipo para predecir posibles fallas de tal manera que el elemento sea remplazado antes de perjudicar su producción.
- **Mantenimiento Preventivo:** Tipo de mantenimiento que pretende reducir los mantenimientos correctivos mediante una programación de inspecciones periódicas y la sustitución de los elementos dañados.
- **Operatividad:** Está definida como la cualidad que posee un sistema o máquina para mantener una adecuada tasa de producción.
- **DIN:** Instituto Alemán de Normalización
- **TPM:** Mantenimiento productivo total, es una filosofía originaria de Japón, la cual está basada en la eliminación de pérdidas producidas por paradas imprevistas, calidad y costos de mantenimiento.
- **RCM:** Mantenimiento Centrado en Fiabilidad/Confiabilidad, es una filosofía de mantenimiento que tiene como objetivo fundamental aumentar la confiabilidad, disponibilidad y disminuir costos de mantenimiento.

CAPÍTULO 3

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Variables

- **Variable dependiente:** “Mejorar la atención de las obras”.

- **Variables independientes:**
 - (a) Disponibilidad de la maquinaria pesada
 - (b) Reducción de costos de mantenimiento
 - (c) Lograr alcanzar la vida útil de la maquinaria pesada

3.1.1. Definición Conceptual de Variables

Mejorar la atención de las obra, el distrito de Curahuasi se encuentra en un proceso de desarrollo y crecimiento económico, la gestión 2015-2018 se encuentra ejecutando obras de saneamiento básico, apertura de carreteras, construcción de centros educativos y trabajos de mantenimiento de vías y caminos hacia las diferentes comunidades; la maquinaria pesada es importante en la ejecución y cumplimiento de las obras programadas y en solucionar los diferentes requerimientos que la población de Curahuasi necesita.

Disponibilidad de la maquinaria pesada, es el porcentaje de tiempo que la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Curahuasi se encuentra disponible para cumplir la función requerida en el trabajo asignado.

Vida útil de la maquinaria pesada, es la cantidad de años que la maquinaria pesada estará en un estado ideal para cumplir sus funciones de una manera eficiente y segura; cuanto más tiempo se alargue la vida útil de la maquinaria pesada la Municipalidad Distrital de Curahuasi se verá beneficiada porque no tendrá la necesidad de sustituir la unidad.

Reducción de gastos de mantenimiento, los gastos de mantenimiento son originados en la Municipalidad Distrital de Curahuasi por excesivo mantenimiento correctivo de las unidades, con un plan de mantenimiento preventivo se prevé una disminución de los costos de mantenimiento en beneficio de la población de Curahuasi.

Cuadro de Operacionalización de las variables

Variable dependiente	Variables independientes	Indicadores	Unidades
Mejora de la atención a las obras	Disponibilidad de la maquinaria pesada	• N° de veces de uso	• Horas
		• Horas de uso	• Horas
		• Índice de disponibilidad	• Porcentaje de horas
	Reducción de costos de mantenimiento.	• Gastos de mantenimiento correctivo	• Soles
		• Costo de los repuestos	• Soles
		• Costo de mantenimiento preventivo	• Soles
	Alcanzar la vida útil de la maquinaria pesada	• Tiempo de vida útil	• Años

Tabla 2: Cuadro de Operacionalización de las variables

3.2. Metodología

3.2.1. Tipo de Estudio

- **Tipo Descriptivo**

Este estudio es descriptivo porque busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis, es decir únicamente pretende medir o recoger información de manera independiente sobre los conceptos o variables a las que se refieren (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

3.2.2. Diseño de Investigación:

- **No Experimental transeccional o transversal descriptivos**

La investigación es no experimental porque no existe la manipulación deliberada de las variables, de tipo transeccional o transversal porque pretende describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado y descriptivo porque tiene por objetivo indagar la incidencia de las modalidades o niveles de una o más variables en una población (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

3.2.3. Método de investigación:

- El método de investigación es de tipo cuantitativo

Es de tipo cuantitativo debido a que permite analizar los datos de manera numérica, de esta forma se puede conocer la relación lineal entre las variables de estudio, este método permite conocer el origen del problema y la incidencia que tiene entre sus elementos, la metodología cuantitativa se fundamenta en una investigación empírico- analista con la finalidad de dar respuesta a unas causa-efectos concretos (Morales, 2017)

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA PARA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

4.1. Análisis Situacional

Curahuasi es un distrito ubicado en el sur del país a 2684 msnm, en la provincia de Abancay departamento de Apurímac; fundado el 2 de enero de 1857, teniendo una superficie de 817.98 km² conformado por 4 centros poblados menores y 42 comunidades campesinas teniendo un total de 30 000 habitantes aproximadamente; sus principales actividades económicas son la agricultura, como producto bandera el anís; el turismo y el comercio, como referencia se ubica en el km 842 de la carretera panamericana sur, a unas dos horas del Cusco , Curahuasi se encuentra bajo la administración de la Municipalidad Distrital de Curahuasi.



Figura4: Ubicación del Distrito de Curahuasi

Para una mayor atención de las necesidades de la población la Municipalidad Distrital de Curahuasi, se cuenta con 4 direcciones: dirección de desarrollo agropecuario y ambiental, dirección de desarrollo económico, dirección de desarrollo social e institucional y dirección de infraestructura urbana y rural, esta última se encuentra a cargo de la oficina de equipo mecánico que cuenta con una flota vehicular liviana como camionetas, motos lineales y una flota de maquinaria pesada conformada por cargador frontal, moto niveladora, tractor oruga, retroexcavadora, excavadora hidráulica, rodillo y volquetes algunas teniendo una antigüedad de más de 20 años, un último lote se adquirió en la gestión 2011-2014 con la finalidad contribuir al desarrollo del distrito puesto que Apurímac es el 6to departamento en extrema pobreza según datos del INEI. La Municipalidad Distrital de Curahuasi tiene proyectos de construcción de escuelas, centros de salud, lozas deportivas, apertura de carreteras hacia comunidades campesinas, mantenimiento de caminos, defensas riverenas, proyectos de agua potable, desagüe y los diferentes proyectos dentro del plan estratégico de cada año que la Municipalidad tiene para la población, donde la maquinaria pesada es una herramienta importante en el cumplimiento de las obras planificadas, también existe un programa de apoyo para centro poblados menores y comunidades campesinas donde el Municipio apoya pequeñas obras que no están dentro del plan estratégico, los centros poblados y comunidades contribuyen con el combustible y el municipio con la maquinaria que se requiera.

La misión y visión de la Municipalidad Distrital de Curahuasi son las siguientes:

Visión

Al 2030 Curahuasi tiene como objetivo ser una provincia líder en agricultura orgánica sostenible, con personas que accedan a una calidad de vida e igualdad de oportunidades.

Misión

“Promover el desarrollo integral sostenible, para beneficio de la población del distrito de Curahuasi; a través de una gestión pública moderna, efectiva, eficiente, transparente y participativa”.

La oficina de equipo mecánico, se encuentra al mando de un profesional mecánico, un técnico mecánico y los operadores de las diferentes unidades, en cuanto a la infraestructura la Municipalidad distrital de Curahuasi tiene un local propio que se utiliza como garaje y taller de reparaciones, habiendo también un área designada al almacén.

El mantenimiento se maneja de una forma empírica obviando las recomendaciones del fabricante, en la actualidad el mantenimiento de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Curahuasi es realizando algunas actividades esporádicamente (engrase, cambio de aceite, cambio de filtro de aire). Sin tener un registro de gestión de mantenimiento. Las fallas que se producen en las unidades son solucionadas por el personal técnico si tiene la posibilidad de corregir, caso contrario son llevados a los diferentes talleres automotrices del distrito. Otro factor que impide un adecuado mantenimiento es que el almacén no cuenta con un stock de repuestos necesarios, perdiendo tiempo en trámites realizados al área de logística de la Municipalidad. El área de equipo mecánico no cuenta con un historial mantenimientos, de fallas e inventarios impidiendo que el área de equipo mecánico tenga un adecuado control de la maquinaria pesada.

4.1.1. Organigrama de la Municipalidad Distrital de Curahuasi

La Municipalidad Distrital de Curahuasi se encuentra al mando del alcalde, 5 regidores y los funcionarios de las diferentes direcciones y oficinas. (ver anexo 1)

La dirección de infraestructura urbana y rural está a cargo de la oficina de equipo mecánico que se encuentra a cargo de un jefe siendo el responsable de planificar, supervisar y

controlar las acciones concernientes a la utilización de las unidades del área de equipo mecánico de la Municipalidad Distrital de Curahuasi.

El área de equipo mecánico se ha dedicado a llevar de forma empírica los procesos de mantenimiento dejando de lado la planificación del mantenimiento que son de vital importancia para mantener una disponibilidad en los equipos y cumplir con los objetivos del área.

Organigrama del área de equipo mecánico

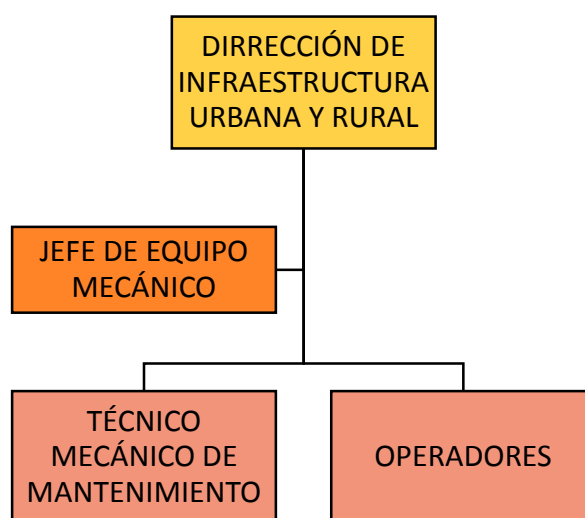


Figura5: Organigrama del área de equipo mecánico antes de la implementación del plan de mantenimiento preventivo (elaboración propia).

El requerimiento de maquinaria pesada por parte de una comunidad o un grupo de beneficiarios se da inicio con la presentación de un formato único de tramite (FUT) y una solicitud dirigida al área de infraestructura urbana y rural, esta área en coordinación con la gerencia municipal analiza la solicitud determinando una viabilidad de acuerdo a la cantidad de beneficiarios con el trabajo solicitado, tiempo de ejecución e inversión ocasionada, de no ser aceptada se comunica que la solicitud no fue aceptada, de ser aceptada la solicitud se envía un propuesta a los beneficiarios determinando el costo de contrapartida a pagar, si los beneficiarios no aceptan el monto el trámite se cancela, de aceptar se genera el

monto correspondiente que aportan los beneficiarios, una vez cancelado este monto, se procede a firmar un convenio entre los beneficiarios y la Municipalidad distrital de Curahuasi; se verifica la disponibilidad de la maquinaria pesada necesaria para realizar el trabajo, de no haber maquinaria disponible la Municipalidad alquila maquinaria de una empresa particular para cumplir con el requerimiento de la población, cuando existe disponibilidad de la maquinaria pesada de la Municipalidad el área de infraestructura urbana y rural comunica al área de equipo mecánico para la ejecución del trabajo con un tiempo establecido, una vez culminado el trabajo se finaliza el convenio.

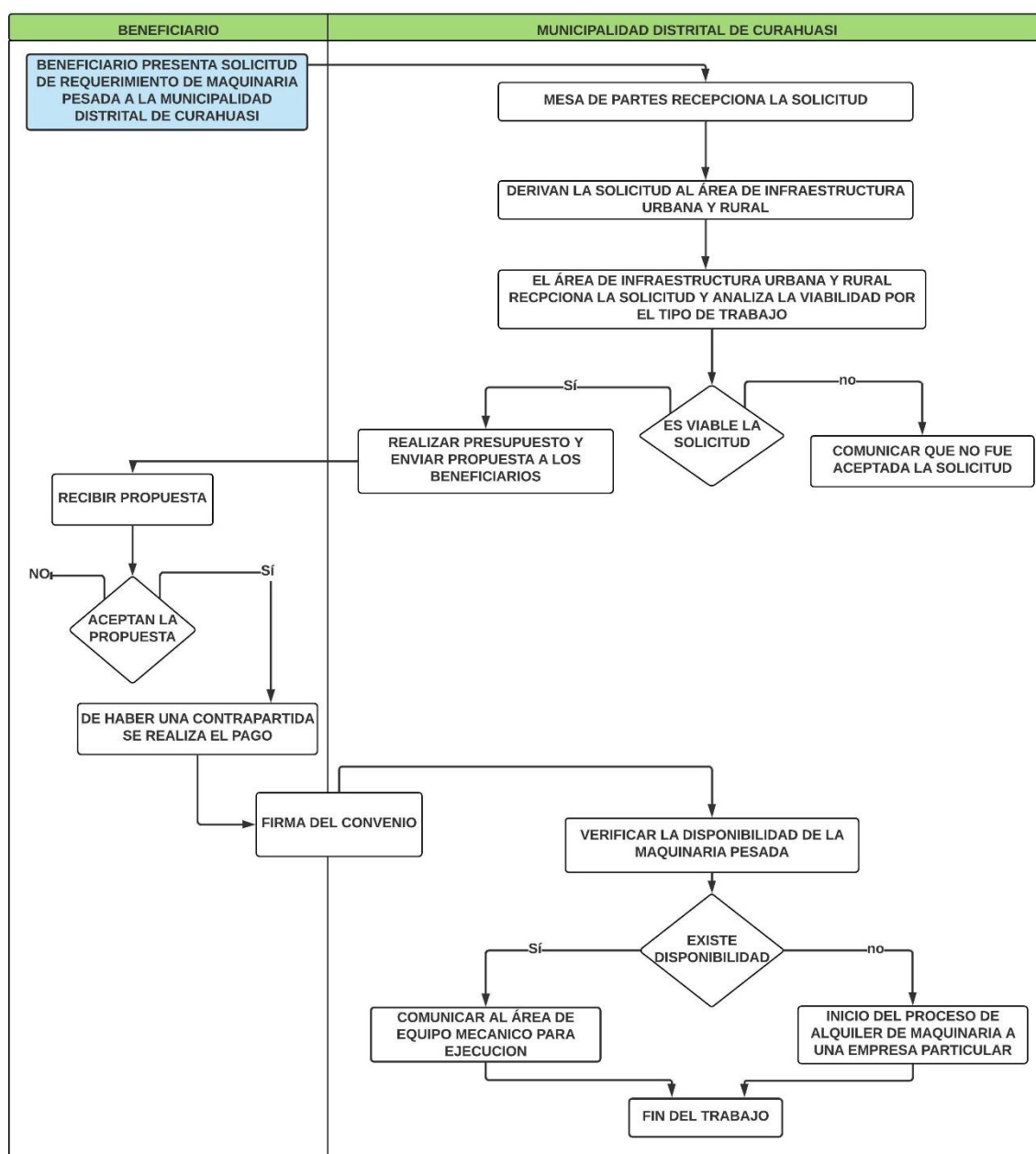


Figura 6: Diagrama de flujo de requerimiento de maquinaria pesada. (elaboración propia)

El requerimiento de maquinaria pesada ante emergencias se da inicio con la presentación de un FUT y una solicitud por parte de los damnificados o informe de algún organismo o por intervención inmediata de la Municipalidad Distrital de Curahuasi, la solicitud pasa a gerencia municipal y al área de infraestructura urbana y rural para un análisis inmediato de la emergencia y su prioridad, en época de lluvias se producen muchos deslizamientos, huaycos e inundaciones teniendo muchas solicitudes de trabajo estas son clasificadas de

acuerdo a la gravedad, si no hay disponibilidad de maquina se alquila maquinaria de una empresa particular para solucionar la emergencia, de contar con una disponibilidad se comunica al área de equipo mecánico para una inmediata ejecución, se da fin a la emergencia con la finalización del trabajo.

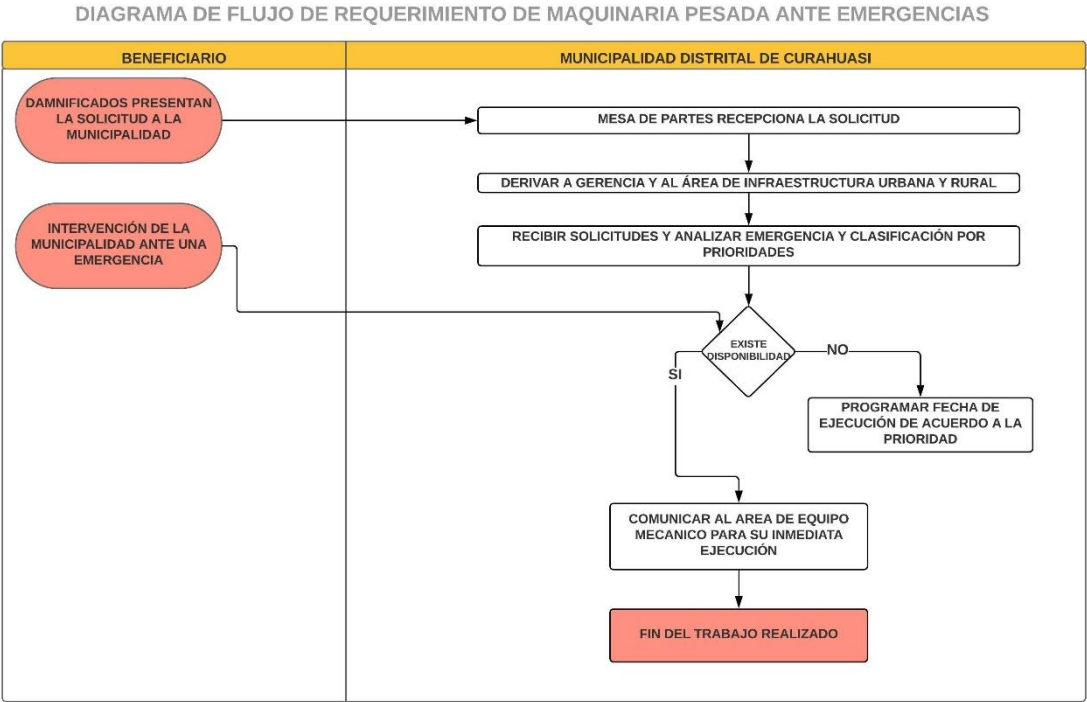


Figura 7: Diagrama de flujo de requerimiento de maquinaria en casos de emergencia. (elaboración propia)

4.1.2. Unidades del área de equipo mecánico de la Municipalidad Distrital de Curahuasi

A continuación, se muestra un listado de la maquinaria pesada de la municipalidad distrital de Curahuasi, indicando el tipo de maquinaria, la marca, el modelo, el año de fabricación, y el estado, esta información fue recolectada en el mes de septiembre del 2017.

N°	Maquinaria	Marca	Modelo	Año de fabricación	Estado
1	Tractor oruga	Caterpillar	D6TXL	2013	Operativo
2	Tractor oruga	Caterpillar	D7G	2002	Operativo
3	Retroexcavadora	Case	580SN	2013	Operativo
4	Excavadora	Case	CX350B	2013	Operativo
5	Cargador frontal	Case	821F	2012	Operativo
6	Cargador frontal	Komatsu	WA180-3	2001	Operativo
7	Motoniveladora	Komatsu	GD-555-5	2013	Operativo
8	Rodillo	Dynapac	CA-250-B	2013	Operativo
9	Volquete	Man	TGS WW40.480BB	2013	Operativo
10	Volquete	Man	TGS WW40.480BB	2013	Operativo
11	Tractor oruga	Fiat allis	FD 20	1995	Inoperativo

Tabla 3: Listado de unidades del área de equipo mecánico de la Municipalidad Distrital de Curahuasi. (Elaboración propia).



Figura 8: Maquinaria de la Municipalidad Distrital de Curahuasi

4.1.3. Requerimiento de maquinaria en las obras de la Municipalidad Distrital de Curahuasi

La Municipalidad distrital de Curahuasi viene realizando obras en desarrollo de la población a continuación se presenta el listado de obras que se ejecutaron en el año 2017 indicando las horas requeridas de maquinaria y las horas atendidas, las horas no atendidas son las horas que la Municipalidad alquila maquinaria de empresas particulares para cumplir con la totalidad del requerimiento.

Obra "Mejoramiento de los servicios de agua potable saneamiento básico rural de la localidad de Vilcabamba, centro poblado de Ccollpa, Curahuasi".		
Requerimiento de maquinaria.	Horas requeridas	Horas atendidas
Retroexcavadora	120	100
Cargador frontal	100	100
Volquetes	80	80
Obra: "Mejoramiento de la carretera, pista panamericana al centro turístico capitán rumi, Curahuasi".		
Requerimiento de maquinaria.	Horas requeridas	Horas atendidas
Tractor oruga	120	120
Cargador frontal	90	90
Volquetes	100	100
Motoniveladora	50	50
Rodillo	25	25
Excavadora	60	45
Obra: "construcción del mini coliseo cubierto multiuso de Curahuasi" – capacidad para 1,200 personas y campo deportivo de 634 m2 con piso de poliuretano.		
Requerimiento de maquinaria.	Horas requeridas	Horas atendidas
Cargador frontal	20	20
Volquetes	30	30
Rodillo	6	6
Obra: "mejoramiento del camino vecinal puente Challhuahuacho – San Luis – pista panamericana y conexión Saywite – pista panamericana".		
Requerimiento de maquinaria.	Horas requeridas	Horas atendidas
Tractor oruga	80	50
Cargador frontal	120	120
Volquetes	70	70
Motoniveladora	45	45
Rodillo	25	25
Obra: "Construcción losa de gras sintético con cobertura en el sector Trancapata del centro poblado Luis de la Puente Uceda, Curahuasi".		
Requerimiento de maquinaria.	Horas requeridas	Horas atendidas
Cargador frontal	12	5
Volquetes	18	18
Rodillo	6	2

Obra: “Construcción del centro comunal multiuso del sector Bacas, centro poblado Luis de la puente Uceda, Curahuasi”		
Requerimiento de maquinaria.	Horas requeridas	Horas atendidas
Cargador frontal	12	12
Volquetes	16	16
Obra: “Construcción del local de la I.E Víctor Acosta Ríos del centro poblado de Concacha, Curahuasi”.		
Requerimiento de maquinaria.	Horas requeridas	Horas atendidas
Cargador frontal	20	20
Volquetes	35	35
Obra: “Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable, construcción del sistema de desagüe y planta de tratamiento de aguas residuales en los sectores de Pisonaypata, Tambo y Lucmos, Curahuasi”.		
Requerimiento de maquinaria.	Horas requeridas	Horas atendidas
Retroexcavadora	120	95
Cargador frontal	70	70
Volquetes	25	20
Obra: “Construcción del patio central de la I.E Inmaculada Concepción, Curahuasi”.		
Requerimiento de maquinaria.	Horas requeridas	Horas atendidas
Rodillo	5	0
Volquetes	15	15
Obra: “Ampliación de agua potable zona sur Curahuasi”		
Requerimiento de maquinaria.	Horas requeridas	Horas atendidas
Retroexcavadora	150	140
Excavadora	60	40
Cargador frontal	60	60
Volquetes	30	30
Obra: “Saneamiento básico integral, sector Ccoscas-Ccoripampa”		
Requerimiento de maquinaria.	Horas requeridas	Horas atendidas
Retroexcavadora	100	100
Cargador frontal	40	20
Obra: “Carretera Collpa y anexos”		
Requerimiento de maquinaria.	Horas requeridas	Horas atendidas
Tractor oruga	150	120
Cargador frontal	100	60
Motoniveladora	70	70
Volquetes	80	75
Rodillo	20	20
Obra: “Carretera Lucmos, Ccoripampa-Añallanca- interconexión distrito de Cachora”.		
Requerimiento de maquinaria.	Horas requeridas	Horas atendidas
Tractor oruga	180	160
Cargador frontal	220	180
Excavadora	200	170
Motoniveladora	70	55

Volquetes	200	170
Rodillo	40	25
Obra: “Mejoramiento y afirmado, carretera Occoruro-Ccoripampa”.		
Requerimiento de maquinaria.	Horas requeridas	Horas atendidas
Tractor oruga	80	70
Cargador frontal	60	60
Motoniveladora	30	20
Volquetes	100	90
Rodillo	15	15
Obra: “Infraestructura de la I.E Antonio Ocampo”		
Requerimiento de maquinaria.	Horas requeridas	Horas atendidas
Cargador frontal	6	0
Volquetes	18	18
Obra: “Infraestructura de la I.E Pisonaypata”		
Requerimiento de maquinaria.	Horas requeridas	Horas atendidas
Cargador frontal	8	8
Volquetes	15	15
Obra: “Auditorio municipal, obra cultural al servicio del pueblo”		
Requerimiento de maquinaria.	Horas requeridas	Horas atendidas
Cargador frontal	5	0
Volquetes	18	18
Obra: “Tendido de material lastre carretera Puca Puca”		
Requerimiento de maquinaria.	Horas requeridas	Horas atendidas
Cargador frontal	70	60
Volquetes	80	55
Motoniveladora	40	40
Rodillo	10	10
Obra: “Mejoramiento y afirmamiento del acceso a los baños termomedicinales de Cconoc”.		
Requerimiento de maquinaria.	Horas requeridas	Horas atendidas
Cargador frontal	25	25
Volquetes	30	10
Tractor oruga	10	10
Motoniveladora	15	15
Rodillo	10	10
Obra: “saneamiento básico sector de Antilla”.		
Requerimiento de maquinaria.	Horas requeridas	Horas atendidas
Excavadora	15	0
Retroexcavadora	50	50
Volquete	60	35
Cargador frontal	15	15
Obra: “apertura de trocha carrozable sector de Ccohua”		
Requerimiento de maquinaria.	Horas requeridas	Horas atendidas
Tractor oruga	80	60

Excavadora	80	80
Cargador frontal	100	100
Volquetes	120	105
Motoniveladora	25	25
Rodillo	15	3
Obra: "Construcción del camino vecinal entre anexos de San Juan de Ccolpa, Progreso, Larata, Vista Alegre, Matibamba, Fatima y Pucuta".		
Requerimiento de maquinaria.	Horas requeridas	Horas atendidas
Tractor oruga	150	130
Excavadora	120	100
Cargador frontal	100	85
Volquetes	80	80
Obra: "Trocha carrozable comunidad San Luis sector Chiquis".		
Requerimiento de maquinaria.	Horas requeridas	Horas atendidas
Tractor oruga	120	110
Excavadora	100	90
Cargador frontal	90	85
Volquetes	100	85
Motoniveladora	50	50
Rodillo	20	20
Obra: "Trocha carrozable en el tramo de Ccollpa-Leticia".		
Requerimiento de maquinaria.	Horas requeridas	Horas atendidas
Tractor oruga	70	70
Excavadora	50	50
Cargador frontal	100	65
Volquetes	180	170
Motoniveladora	30	20
Rodillo	15	15
Otras obras: " Mantenimiento de caminos, requerimiento de comunidades, obras pequeñas.		
Requerimiento de maquinaria.	Horas requeridas	Horas atendidas
Tractor oruga	200	160
Excavadora	150	130
Cargador frontal	360	300
Volquetes	300	260
Motoniveladora	60	55
Rodillo	40	30
Retroexcavadora	180	130

Tabla 4: Horas requeridas en las diferentes obras de la Municipalidad Distrital de Curahuasi, elaboración propia, fuente: Municipalidad Distrital de Curahuasi

Maquina	Horas requeridas	Horas requeridas mensuales	Horas atendidas	Horas atendidas mensuales	Horas no atendidas
Tractor oruga	1240	103.3	1060	88.3	180
Excavadora	835	69.6	705	58.8	130
Cargador	1791	149.3	1555	129.6	236
Volquetes	1740	145.0	1565	130.4	175
Motonivelado	485	40.4	445	37.1	40
Rodillo	252	21.0	206	17.2	46
Retroexcava	720	60.0	615	51.3	105
Total	7063	588.6	6151	512.6	912.0

Tabla 5: Costo de alquiler de maquinaria pesada

A continuación, se muestra la cantidad de horas no atendidas y el costo que generan el alquiler de maquinaria a la Municipalidad distrital de Curahuasi.

Maquina	Horas no atendidas	costo de alquiler	Total
Tractor oruga	180	S/. 380.00	S/. 68,400.00
Excavadora	130	S/. 380.00	S/. 49,400.00
Cargador frontal	236	S/. 300.00	S/. 70,800.00
Volquetes	175	S/. 250.00	S/. 43,750.00
Motoniveladora	40	S/. 250.00	S/. 10,000.00
Rodillo	46	S/. 220.00	S/. 10,120.00
Retroexcavadora	105	S/. 250.00	S/. 26,250.00
TOTAL	912		S/. 278,720.00

Tabla 6: Costo de alquiler de maquina a empresas particulares.

4.1.4. Horas de trabajo aproximadas de cada unidad

En la Municipalidad distrital de Curahuasi el horario de trabajo es de lunes a viernes de 8 am hasta las 5 pm con una hora de refrigerio, mientras que los días sábados de 8 am a 1 pm, siendo 8 horas el máximo de tiempo que una maquina puede operar de lunes a viernes y 5 horas los días sábados. La utilización de una maquinaria está condicionada por el requerimiento de alguna obra, variando las horas de trabajo de las unidades. En la siguiente tabla se muestra un aproximado de las horas de trabajo de cada unidad en el año 2017.

N°	Maquinaria	Modelo	Año de fabricación	Horómetro	Horas	
					A la Semana	Al Mes
1	Tractor oruga	D6TXL	2013	2246	12	47
2	Tractor oruga	D7G	2002	7180	10	40
3	Retroexcavadora	580SN	2013	2452	13	51
4	Excavadora	CX350B	2013	2850	15	59
5	Cargador frontal	821F	2012	4384	23	91
6	Cargador frontal	WA180-3	2001	7926	10	41
6	Motoniveladora	GD-555-5	2013	1768	9	37
7	Rodillo	CA-250-B	2013	815	4	17
8	Volquete (EG0-711)	TGS WW40.480BB	2013	3252	17	68
9	Volquete (EGQ-489)	TGS WW40.480BB	2013	2986	16	62

Tabla 7: Cantidad de horas aproximada de trabajo mensuales (Elaboración propia.)

Como se observa la maquinaria cargador frontal modelo 821F es la unidad más utilizada por sus diferentes aplicaciones con un promedio de 23 horas semanales y 91 horas al mes, mientras la unidad rodillo modelo CA-250-B es la menos utilizada por su reducida aplicación siendo 4 horas a la semana y 17 al mes.

4.1.5. Horas de mantenimiento correctivo y preventivo

La siguiente información que se muestra fue recolectada mediante observación directa y entrevista con personal del área de equipo mecánico en los meses de septiembre, octubre y noviembre del año 2017.

N°	Maquinaria	Modelo	Mantenimiento correctivo en horas		
			Septiembre	Octubre	Noviembre
1	Tractor oruga	D6TXL	23	20	22
2	Tractor oruga	D7G	35	30	26
3	Retroexcavadora	580SN	8	25	30
4	Excavadora	CX350B	29	40	23
5	Cargador frontal	821F	12	26	30
6	Cargador frontal	WA180-3	30	22	18
7	Motoniveladora	GD-555-5	25	20	12
8	Rodillo	CA-250-B	10	28	16
9	Volquete (EG0-711)	TGS WW40.480B B	28	12	22
10	Volquete (EGQ-489)	TGS WW40.480B B	30	21	25

Tabla 8: Horas de parada de la maquinaria por mantenimiento correctivo y preventivo (elaboración propia.)

En la tabla tenemos las horas de mantenimiento correctivo en los últimos 3 meses, se observa que la unidad Excavadora modelo CX350B tiene 92 horas de mantenimiento correctivo, mientras la unidad rodillo CA-250-B tiene 54 horas.

4.1.6. Indicador de disponibilidad

A continuación, se muestra la disponibilidad para los meses de septiembre, octubre y noviembre del 2017.

N°	Maquinaria	Modelo	Disponibilidad			
			Septiembre	Octubre	Noviembre	Total
1	Tractor oruga	D6TXL	87.2%	88.9%	87.8%	88.0%
2	Tractor oruga	D7G	80.6%	83.3%	85.6%	83.1%
3	Retroexcavadora	580SN	95.6%	86.1%	83.3%	88.3%
4	Excavadora	CX350B	83.9%	77.8%	87.2%	83.0%
5	Cargador frontal	821F	93.3%	85.6%	83.3%	87.4%
6	Cargador frontal	WA180-3	83.3%	87.8%	90.0%	87.0%
7	Motoniveladora	GD-555-5	86.1%	88.9%	93.3%	89.4%
8	Rodillo	CA-250-B	94.4%	84.4%	91.1%	90.0%
9	Volquete (EG0-711)	TGS WW40.480BB	84.4%	93.3%	87.8%	88.5%
10	Volquete (EGQ-489)	TGS WW40.480BB	83.3%	88.3%	86.1%	85.9%

Tabla 9: Porcentaje de disponibilidad antes de la implementación del plan de mantenimiento. (Elaboración propia.)

Para el análisis de la disponibilidad de la maquinaria se empleó la siguiente formula:

$$Disponibilidad(\%) = \frac{\text{horas programadas} - \text{horas de parada}}{\text{horas programadas}}$$

Ejemplo disponibilidad de la unidad cargador frontal modelo D6TXL en el mes de noviembre:

$$Disponibilidad(\%) = \frac{180 - (22)}{180}$$

$$Disponibilidad = 87.8\%$$

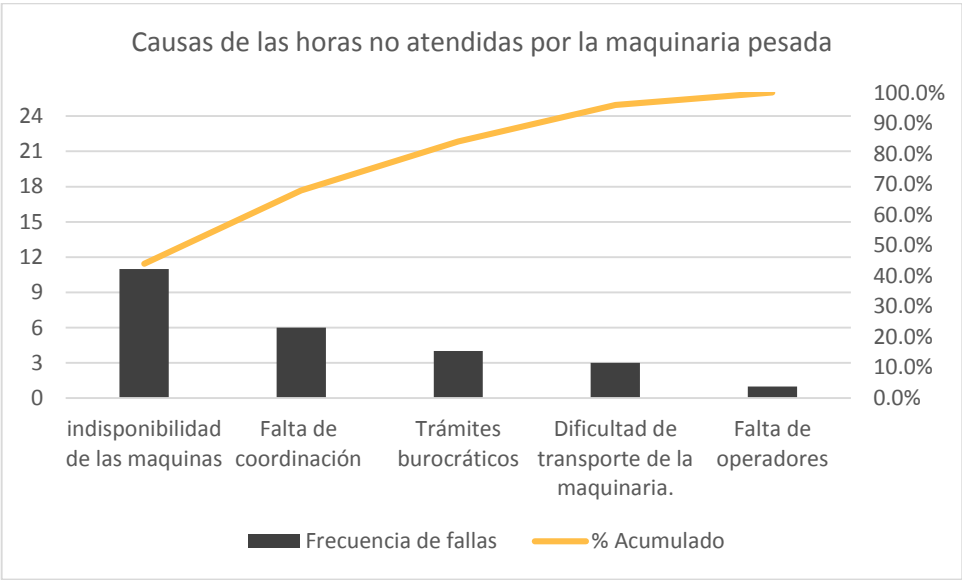
4.1.7. Diagrama de Pareto para la no atención de las horas requeridas

La Municipalidad Distrital de Curahuasi viene ejecutando una gran cantidad de obras y las solicitudes de requerimiento de maquinaria pesada por parte de las comunidades, en la

mayoría de ocasiones la maquinaria pesada no logra cumplir con las horas requeridas ocasionando retrasos en la ejecución de las obras y no cumplir adecuadamente en los requerimientos de la población de manera correcta. Las principales causas de las horas no atendidas se observan en el siguiente diagrama.

No atención a las obras	Frecuencia	% Relativo	% Acumulado
Indisponibilidad de las maquinas	11	44.0%	44.0%
Falta de coordinación	6	24.0%	68.0%
Trámites burocráticos	4	16.0%	84.0%
Dificultad de transporte de la maquinaria.	3	12.0%	96.0%
Falta de operadores	1	4.0%	100.0%
Cantidad total de causas	25		

Tabla 10: Causas de no atención de las horas requeridas



El diagrama de Pareto nos permite determinar que la principal causa de no atención en las obras se debe a la disponibilidad de la maquinaria pesada con un valor de 44%, el 24% se debe a la coordinación entre las diferentes oficinas de la Municipalidad, el 16% a los trámites burocráticos que tiene que realizar la población cuando requieren una maquinaria pesada, el 12% es condicionado por el alquiler de un cama baja para el transporte de la maquinaria pesada y por último, el 4% se debe a la falta de operadores.

4.1.8. Diagrama de Ishikawa

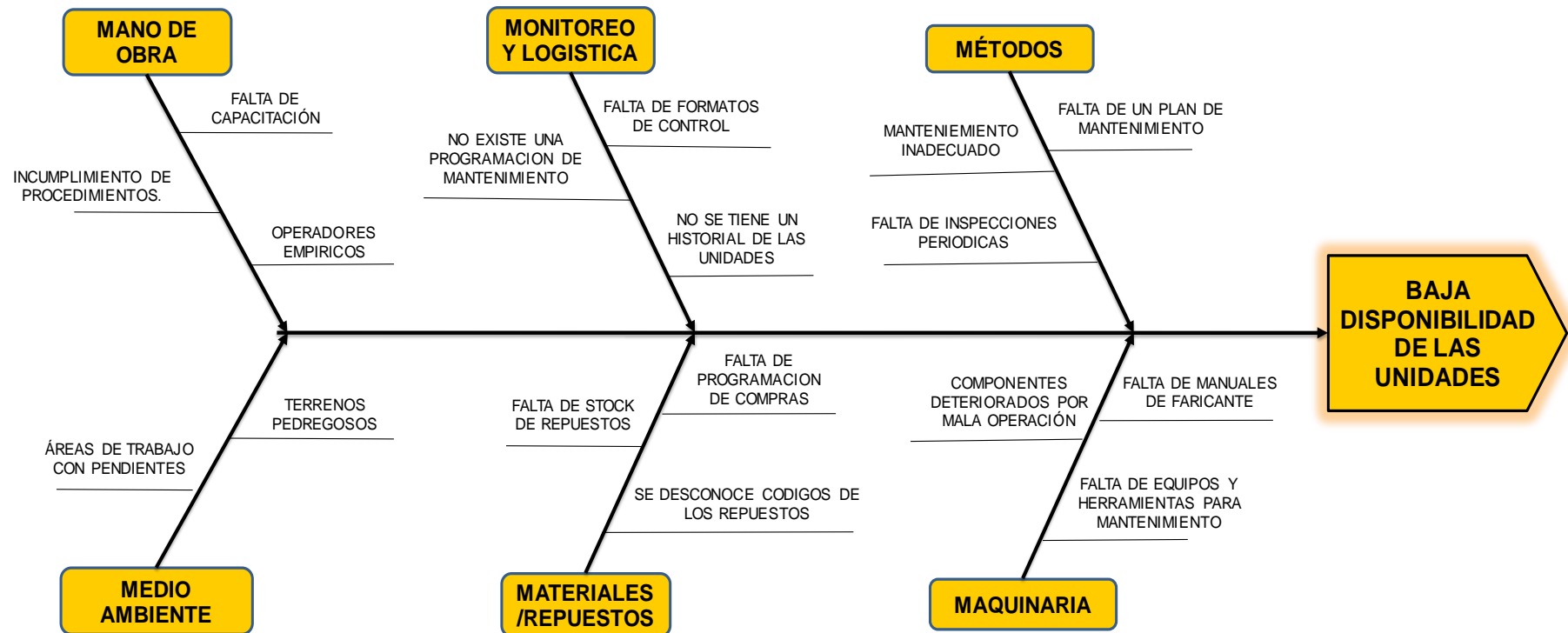


Figura 9: Diagrama de Ishikawa de la baja disponibilidad de las unidades (elaboración propia).

Para identificar las causas de la No disponibilidad de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Curahuasi se utilizó el diagrama de Ishikawa observando como factores de una disponibilidad baja seis motivos que a continuación se analizan:

- Métodos de mantenimiento, el mantenimiento es el conjunto de actividades que se realizan en un equipo para que este se mantenga en un estado ideal, bajo este concepto las unidades de la Municipalidad distrital de Curahuasi no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo, el mantenimiento que se realiza es esporádico o un mantenimiento por avería tampoco se cuenta con formatos de inspecciones que ayuden a predecir fallas.
- Maquinaria, el área de equipo mecánico de la Municipalidad distrital de Curahuasi no cuenta con herramientas ni manuales de la maquinaria que permitan realizar un mantenimiento preventivo adecuado lo que genera que muchos componentes se encuentren en mal estado.
- Monitoreo y Logística, desconocer el historial de las unidades es una dificultad porque evita realizar un análisis de fallas y evitarlas, tampoco se cuenta con formatos de control que permitan un monitoreo constante de la maquinaria pesada.
- Materiales y repuestos, el no contar con una adecuada codificación y stock de repuestos es una causa de la no disponibilidad, debido al tiempo que se pierde al momento de realizar un requerimiento al área de logística de la Municipalidad Distrital de Curahuasi y el proceso que este conlleva para la adquisición.
- Mano de obra, los operadores de la maquinaria pesada no cuentan con una certificación, muchas fallas en la maquinaria pesada son ocasionadas por mala operación de los conductores la reparación causa una baja disponibilidad.

- Medio ambiente, el distrito de Curahuasi, se encuentra en la sierra del Perú teniendo una zona geográfica con terrenos rocosos, pendientes y ríos que generan que los componentes se rompan o se aflojen, al no contar con inspecciones fallan más seguido los componentes.

Se concluye que el motivo de una baja disponibilidad de la maquinaria pesada se debe a la falta de un plan de mantenimiento preventivo en el área de equipo mecánico de la Municipalidad Distrital de Curahuasi.

4.2. Alternativas de solución

- Contratar una empresa particular para el mantenimiento de la maquinaria pesada.
- Implementar un plan de mantenimiento preventivo en el área de equipo mecánico de la Municipalidad Distrital de Curahuasi.

La mejor alternativa de solución es la implementación propia de un plan de mantenimiento preventivo por parte de la Municipalidad Distrital de Curahuasi, este plan de mantenimiento se adaptaría con facilidad al área de equipo mecánico porque cuenta con infraestructura y herramientas básicas para realizar las actividades de mantenimiento, permitirá al personal del área mecánico adquirir nuevos conocimientos, conservar de mejor manera las unidades mediante un monitoreo constante y en el aspecto económico permitirá reducir costos de mantenimiento.

4.3. Solución del problema

Para solucionar el problema que presentan las unidades de la municipalidad distrital de Curahuasi, se diseña un plan de mantenimiento preventivo, a continuación se presenta la secuencia a seguir:

4.3.1. Planificación de las actividades

La implementación del plan de mantenimiento preventivo se realiza en las siguientes etapas:

Etapas 1: Determinación de las unidades

En esta etapa se determina las unidades que serán empleadas para el plan de mantenimiento preventivo y se busca información acerca de cada unidad.

- **Tarea 1: Determinar la maquinaria y equipo:** Determinar las unidades que estarán incluidas en el plan de mantenimiento preventivo.
- **Tarea 2 Recopilación de información:** Se recopila la información acerca de la maquinaria pesada como historial de las unidades, manuales del fabricante, en caso de no contar con los manuales, se busca en internet o se solicita a empresas que tengan el mismo tipo de unidades.
- **Tarea 3 Codificación de las unidades:** Como parte de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo se codificará las unidades para la creación de una base de datos.

Etapas 2: Confección del plan de mantenimiento

Esta etapa consta de 5 tareas referentes a la frecuencia del mantenimiento, requerimientos, despiece de los componentes, actividades de mantenimiento y los formatos de control.

- **Tarea 1 Determinar la frecuencia del mantenimiento:** Se determina la frecuencia del mantenimiento pudiendo ser en horas o recorrido.

- **Tarea 2 Determinar los requerimientos de cada unidad:** Se determina los repuestos y la cantidad de lubricantes necesarios para cada unidad.
- **Tarea 3 Despiece de los componentes de la maquinaria:** Determinar las sistemas y componentes donde se realizará las actividades de mantenimiento, el plan de mantenimiento preventivo se realizará en los siguientes sistemas:
 - ✓ Sistema de alimentación de combustible
 - ✓ Sistema de admisión de aire
 - ✓ Sistema de enfriamiento del motor
 - ✓ Sistema de lubricación del motor
 - ✓ Sistema hidráulico
 - ✓ Sistema de transmisión
 - ✓ Sistema de frenos
 - ✓ Sistema eléctrico
- **Tarea 4 Confección de las actividades de mantenimiento:** Determinar las actividades de mantenimiento para cada unidad y el tiempo aproximado de duración.
- **Tarea 5 Confección de los formatos de control:** Para un control adecuado de las unidades se implementará los siguientes formatos.
 - ✓ Formato de inspección de operadores
 - ✓ Formato de reporte de fallas
 - ✓ Formato de historial de mantenimientos
 - ✓ Formato de control de combustible
 - ✓ Formato de orden de trabajo
 - ✓ Formato de check list de mantenimientos

Etapas 3: Habilitación del taller de mantenimiento

En esta etapa se realiza las actividades para la habilitación del taller de mantenimiento en la Municipalidad Distrital de Curahuasi.

- **Tarea 1 Delimitación de la zona de mantenimiento:** Se delimita el área donde se realizarán las actividades de mantenimiento.
- **Tarea 2 Limpieza del taller de mantenimiento:** La primera acción es la limpieza y orden que se realiza en el taller automotriz para un correcto desarrollo del mantenimiento.
- **Tarea 3 Señalización y seguridad en el taller de mantenimiento:** Se realizará una señalización de seguridad para evitar accidentes del personal.
- **Tarea 4 Implementación de tableros y gabinetes:** Para tener un taller ordenado y facilitar las actividades de mantenimiento se necesita que las herramientas y equipos tengan un lugar específico, se implementaran gabinetes donde el personal almacene las herramientas correctamente.

Etapas 4: Adquisición de las herramientas

Esta etapa consta de 3 tareas relacionadas a la compra de herramientas para la habilitación del taller de mantenimiento.

- **Tarea 1 Elaborar requerimiento de herramientas:** Para realizar actividades de mantenimiento y reparación se necesitan herramientas, se realizará un listado de las herramientas que cuenta el área de equipo mecánico y de las que se requieren.
- **Tarea 2 Cotización de herramientas:** El área de logística de la Municipalidad Distrital de Curahuasi, procede a una cotización de las herramientas.
- **Tarea 3 Adquisición de herramientas:** Se presenta las cotizaciones a la Municipalidad Distrital de Curahuasi para la autorización de compra de las herramientas.

Etapas 5: Capacitación del personal

Esta etapa se enfoca en mejorar las habilidades del personal a través de cursos.

- **Tarea 1 Evaluación al personal del área de equipo mecánico:** Se evalúa al personal del área de equipo mecánico para conocer sus conocimientos.
- **Tarea 2 Determinar los temas de capacitación necesaria:** Se determina los temas donde estarán enfocadas las capacitaciones.
- **Tarea 3 Programa de capacitación al personal:** Se realiza la programación de las capacitaciones con especialistas en el tema.

4.3.2. Cronograma del proyecto mediante diagrama de Grantt

[illegible]

4.3.3. Cuantificación de las actividades

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo para el área mecánico de la Municipalidad Distrital de Curahuasi, constara de 5 etapas, a continuación se detalla los costos de cada etapa.

ETAPAS DEL PROYECTO		COSTO
Etapas 1	Determinación de las unidades	
Tarea 1	Determinar la maquinaria y equipo a incluir en el plan de mantenimiento preventivo.	S/. 0.00
Tarea 2	Recopilación de información	S/. 0.00
Tarea 4	Codificación de las unidades	S/. 0.00
Total Etapa 1		S/. 0.00
Etapas 2	Confección del plan de mantenimiento	
Tarea 1	Determinar la frecuencia de los mantenimientos	S/. 0.00
Tarea 2	Determinar los requerimientos de cada unidad	S/. 0.00
Tarea 3	Despiece de los componentes de la maquinaria	S/. 0.00
Tarea 4	Confección de las actividades de mantenimiento	S/. 0.00
Tarea 5	Confección de los formatos de control	S/. 1,000.00
Total Etapa 2		S/. 1,000.00
Etapas 3	Habilitación del taller de mantenimiento	
Tarea 1	Delimitación de la zona de mantenimiento	S/. 0.00
Tarea 2	Limpieza del taller de mantenimiento	S/. 0.00
Tarea 3	Señalización del taller de mantenimiento	S/. 500.00
Tarea 4	Implementación de tableros y gabinetes	S/. 2,400.00
Total Etapa 3		S/. 2,900.00
Etapas 4	Adquisición de las herramientas	
Tarea 1	Elaborar requerimiento de herramientas	S/. 0.00
Tarea 2	Cotización de herramientas	S/. 100.00
Tarea 3	Adquisición de herramientas	S/. 15,792.00
Total Etapa 4		S/. 15,892.00
Etapas 5	Capacitación del personal	
Tarea 1	Evaluación al personal del área de equipo mecánico	S/. 0.00
Tarea 2	Determinar los temas de capacitación necesaria	S/. 0.00
Tarea 3	Programa de capacitación al personal	S/. 8,000.00
Total Etapa 1		S/. 8,000.00
TOTAL		S/. 27,792.00

Tabla 11: Cuantificación del proyecto

4.3.4. Desarrollo de las actividades de implementación del plan de mantenimiento preventivo

4.3.4.1. Determinación de las unidades

Tarea 1: Determinar la maquinaria y equipo a incluir en el plan de mantenimiento preventivo

El plan de mantenimiento preventivo se realizará para la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Curahuasi, la recolección de datos se realizó en los meses de septiembre y octubre del 2017, a continuación, se muestra las unidades.

N°	Maquinaria	Marca	Modelo	Año de fabricación	Horómetro
1	Cargador frontal	Case	821F	2012	4384
2	Cargador frontal	Komatsu	WA180-3	2001	7926
4	Excavadora	Case	CX350B	2013	2850
5	Motoniveladora	Komatsu	GD-555-5	2013	1748
6	Retroexcavadora	Case	580SN	2013	2452
7	Rodillo	Dynapac	CA-250-B	2013	815
8	Tractor oruga	Caterpillar	D6TXL	2013	2246
9	Tractor oruga	Caterpillar	D7G	2002	7180
10	Volquete (EG0-711)	Man	TGS WW40.480BB	2013	3252
11	Volquete (EGQ-489)	Man	TGS WW40.480BB	2013	2986

Tabla 12: Listado de unidades incluidas en el proyecto.

Tarea 2 Recopilación de información

Se busca información en internet sobre los manuales del fabricante de cada unidad, para conocer los requerimientos y recomendaciones de mantenimiento que serán utilizados en la implementación del plan de mantenimiento preventivo (ver anexos)

Tarea 3 Codificación de las unidades

La codificación de bienes dentro de una empresa o área nos permite tener una clasificación de las unidades que lo conforman, para facilitar el registro y tener acceso a la información

en los momentos requeridos. Los códigos pueden ser un conjunto de letras, números o la unión de estos, habitualmente se utiliza una codificación que se divide en varias partes, dependiendo del área de la empresa y la cantidad de las unidades.

XX TIPO DE FLOTA	XX TIPO DE MAQUINA	XX N° CORRELATIVO
----------------------------	------------------------------	-----------------------------

Tipo de flota: Clasifica a las unidades de acuerdo al tipo de flota en la que se encuentra la unidad teniendo la siguiente clasificación:

- 01 Flota liviana
- 02 Flota pesada
- 03 Equipo menores

Tipo de maquina: Clasifica las unidades mediante el tipo de maquinaria teniendo la siguiente clasificación:

- CT Camionetas
- CM Camión
- TO Tractor oruga
- CF Cargador frontal
- EX Excavadora
- RE Retroexcavadora
- MT Motoniveladora
- RV Rodillo vibratorio
- VQ volquete
- CC Camión cisterna
- CO Camión Compactador
- CP Camión Plataforma.
- MS Moto soldadora
- CM Compresora

N° Correlativo: Se refiere a la codificación cuando hay más de una maquinaria del mismo tipo, siendo una codificación de dos caracteres numéricos secuenciales.

En la siguiente tabla se muestra el listado de unidades ya codificadas de acuerdo al esquema anterior.

N°	Código	Maquinaria	Marca	Modelo	Año de fabricación
1	02-CF-01	Cargador frontal	Case	821F	2012
2	02-CF-02	Cargador frontal	Komatsu	WA180-3	2001
3	02-EX-01	Excavadora	Case	CX350B	2013
4	02-MT-01	Motoniveladora	Komatsu	GD-555-5	2013
5	02-RE-01	Retroexcavadora	Case	580SN	2013
6	02-RV-01	Rodillo	Dynapac	CA-250-B	2013
7	02-TO-01	Tractor oruga	Caterpillar	D6TXL	2013
8	02-TO-02	Tractor oruga	Caterpillar	D7G	2002
9	02-TO-03	Tractor oruga	Fiat allis	FD 20	1995
10	02-VQ-01	Volquete (EG0-711)	Man	TGS WW40.480BB	2013
11	02-VQ-02	Volquete (EGQ-489)	Man	TGS WW40.480BB	2013

Tabla 13: Listado de las unidades con su respectiva codificación (Elaboración propia)

4.3.4.2. Confección del plan de mantenimiento

Tarea 1 Determinar la frecuencia del mantenimiento

El mantenimiento preventivo en las unidades de la Municipalidad Distrital de Curahuasi se realizara basada en las horas de trabajo (horómetro); para determinar la frecuencia del mantenimiento, se toma como referencia las sugerencias del fabricante de cada máquina (ver anexos 4,5,6), para las unidades de línea amarilla el mantenimiento preventivo tipo 1 (MP1) se realizarán cada 250 horas, mantenimiento preventivo tipo 2 (MP2) cada 500 horas, mantenimiento preventivo tipo 3 (MP3) cada 1000 horas y así sucesivamente hasta llegar mantenimiento preventivo tipo 4 (MP4) cada 2000 horas; mientras que en los volquetes el mantenimiento preventivo tipo 1 (MP1) se realizara cada 500 horas, mantenimiento preventivo tipo 2 (MP2) cada 1000 horas, mantenimiento preventivo tipo 3 (MP3) cada 2000 horas y mantenimiento preventivo tipo 4 (MP4) cada 4000 horas. Cada tipo de mantenimiento tiene actividades específicas para cada unidad.

(A). Frecuencia del mantenimiento para línea amarilla

HORA	TIPO	HORA	TIPO	HORA	TIPO	HORA	TIPO
250	MP1	4250	MP1	8250	MP1	12250	MP1
500	MP2	4500	MP2	8500	MP2	12500	MP2
750	MP1	4750	MP1	8750	MP1	12750	MP1
1000	MP3	5000	MP3	9000	MP3	13000	MP3
1250	MP1	5250	MP1	9250	MP1	13250	MP1
1500	MP2	5500	MP2	9500	MP2	13500	MP2
1750	MP1	5750	MP1	9750	MP1	13750	MP1
2000	MP4	6000	MP4	10000	MP4	14000	MP4
2250	MP1	6250	MP1	10250	MP1	14250	MP1
2500	MP2	6500	MP2	10500	MP2	14500	MP2
2750	MP1	6750	MP1	10750	MP1	14750	MP1
3000	MP3	7000	MP3	11000	MP3	15000	MP3
3250	MP1	7250	MP1	11250	MP1	15250	MP1
3500	MP2	7500	MP2	11500	MP2	15500	MP2
3750	MP1	7750	MP1	11750	MP1	15750	MP1
4000	MP4	8000	MP4	12000	MP4	16000	MP4

Tabla 14: Frecuencia de mantenimiento para línea amarilla según horómetro, elaboración propia.

(B). Frecuencia del mantenimiento para volquetes

Hora	Tipo	Hora	Tipo	Hora	Tipo
500	MP1	7500	MP1	14500	MP1
1000	MP2	8000	MP4	15000	MP2
1500	MP1	8500	MP1	15500	MP1
2000	MP3	9000	MP2	16000	MP4
2500	MP1	9500	MP1	16500	MP1
3000	MP2	10000	MP3	17000	MP2
3500	MP1	10500	MP1	17500	MP1

Tabla 15: Frecuencia de mantenimiento para volquetes según horómetro, elaboración propia.

Tarea 2 Determinar los requerimientos de cada unidad

FICHA TÉCNICA DE VEHÍCULO: ÁREA DE EQUIPO MECÁNICO DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CURAHUASI		
ESPECIFICACIONES		
Unidad	Motoniveladora	
Marca	Komatsu	
Modelo	GD-555-5	
N° de motor	Komatsu diésel SAA6D107E-1	
N° de chasis	55414	
Horómetro	1748 horas	
Año de fabricación	2013	
Estado actual	Operativo	
MOTOR		
Numero de cilindros	6	
Cilindrada	6.69 litros	
Potencia	140 HP	
Torque	880 Nm @ 1450 rpm	
DIMENSIONES:		
Altura: Cabina de bajo perfil	3200 mm	
Largo total	10365 mm	
Ancho	3710 mm	
Peso	15315 kg	
REQUERIMINETOS DE FILTRO Y COMBUSTIBLE		
	Cantidad	Tipo o código.
Capacidad del tanque de combustible	416 litros	Diésel
Aceite del motor	25 litros	15w40
Aceite de transmisión	45 litros	TO10
Aceite de mandos finales	17 litros	TO30
Caja motriz de tándem	57 litros	TO30
Sistema hidráulico	69 litros	TO10
Refrigerante	39.5 litros	AF-NAC
Filtro de aceite de motor	1	6736-51-5142
Filtro primario de combustible	1	600-319-3610
Filtro secundario de combustible	1	600-319-3750
Filtro de aceite hidráulico	1 – 1 anillo	07063-51100
Filtro de transmisión	1	714-07-28712
Filtro primario de aire	1	600-185-5110
Filtro secundario de aire	1	600-185-5120

Tabla 16: Ficha técnica de motoniveladora Komatsu GD-555-5 elaboración propia, fuente: Komatsu

FICHA TÉCNICA DE VEHÍCULO: ÁREA DE EQUIPO MECÁNICO DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CURAHUASI		
ESPECIFICACIONES		
Unidad	Cargador frontal	
Marca	Case	
Modelo	821F	
N° de motor	FPT FAHFE613X turboalimentado	
N° de chasis	NCF215678	
Horómetro	4384 horas	
Año de fabricación	2013	
Estado actual	Operativo	
MOTOR		
Numero de cilindros	6	
Cilindrada	6.7 litros	
Potencia	230 hp	
Torque	1184 Nm @ 1300 rpm	
DIMENSIONES:		
Altura: Cabina de bajo perfil	3450 mm	
Largo total	6500 mm	
Ancho	2650 mm	
Peso	17500 kg	
Carga útil de la cuchara	6250 kg	
REQUERIMINETOS DE FILTRO Y COMBUSTIBLE		
	Cantidad	Tipo o código.
Capacidad del tanque de combustible	288 litros	
Aceite del motor	13.25 litros	15w40
Aceite de transmisión	34.1 litros	Case Akcela nexlore
Aceite de mandos finales	80 litros	Case Akcela nexlore
Aceite hidráulico	178 litros	Case Akcela HY-tran
Refrigerante	30 litros	
Filtro de aceite de motor	1	84228488 CNH
Filtro primario de combustible	1	84348882 CNH
Filtro secundario de combustible	1	84412164 CNH
Filtro de aceite hidráulico	1	84196445 CNH
Filtro de transmisión	1	84491498 CHN
Filtro primario de aire	1	87720899 CHN
Filtro secundario de aire	1	87720898 CHN
Neumáticos		23,5R25

Tabla 17: Ficha técnica de Cargador frontal Case 821F elaboración propia, fuente Case

FICHA TÉCNICA DE VEHÍCULO: ÁREA DE EQUIPO MECÁNICO DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CURAHUASI		
ESPECIFICACIONES		
Unidad	Cargador frontal	
Marca	Komatsu	
Modelo	WA180-3	
N° de motor	Komatsu S6D102E-1	
N° de chasis		
Horómetro	7926 horas	
Año de fabricación	2001	
Estado actual	Operativo	
MOTOR		
Numero de cilindros	6	
Cilindrada	5.9 litros	
Potencia	110 hp	
Torque	417 Nm a 1600 rpm	
Combustible	Diésel	
DIMENSIONES:		
Altura hasta el techo de la cabina	3100 mm	
Largo total	6350 mm	
Ancho	2320 mm	
Peso	8700 kg	
Carga del cucharon	2720 kg	
REQUERIMINETOS DE FILTRO Y COMBUSTIBLE		
	Cantidad	Tipo o código.
Capacidad del tanque de combustible	170 litros	
Aceite del motor	22 litros	10W40
Aceite de transmisión	23.5 litros	10W
Aceite de mandos finales	28 litros	AX075
Aceite hidráulico	41 litros	10W
Refrigerante	21.5 litros	
Filtro de aceite de motor	1	6735-51-5140
Filtro primario de combustible	1	6732-71-6110
Filtro de aceite hidráulico	1 elemento, 1 anillo	07063-01054 – 0700-12115
Filtro de transmisión	1	424-16-11140
Filtro primario de aire	1	600-181-6740
Respiradero del tanque hidráulico	1	417-60-15380
Colador de la transmisión	1 anillo	0700-12085

Tabla 18: Ficha técnica de cargador frontal Komatsu WA180-3 elaboración propia, fuente komatsu

FICHA TÉCNICA DE VEHÍCULO: ÁREA DE EQUIPO MECÁNICO DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CURAHUASI		
ESPECIFICACIONES		
Unidad	Excavadora Hidráulica	
Marca	Case	
Modelo	CX350B	
N° de motor	Isuzu AH-6HKIXYSS	
N° de chasis		
Horómetro	2850 horas	
Año de fabricación	2013	
Estado actual	Operativo	
MOTOR		
Numero de cilindros	6	
Cilindrada	7.8 litros	
Potencia	271 hp	
Torque	1080 Nm @ 1500 rpm	
DIMENSIONES:		
Altura hasta el techo de la cabina	3190 mm	
Largo total	11000 mm	
Ancho	3400 mm	
Peso	35000 kg	
REQUERIMINETOS DE FILTRO Y COMBUSTIBLE		
	Cantidad	Tipo o código.
Capacidad del tanque de combustible	578 litros	
Aceite del motor	38 litros	15W40
Aceite hidráulico	175 litros	AKCELA HYDRAULICA EXCAVATOR FLUID
Aceite mando final (ambos lados)	19 litros	AKCELA GEAR 135 HP- 80W90
Aceite accionamiento de giro	7.9 litros	AKCELA GEAR 135 HP- 80W90
Refrigerante	30 litros	
Lubricante para engranaje reductor de desplazamiento	22 litros	AKCELA GEAR 135 HP- 80W90
Lubricante para el engranaje reductor de rotación	12 litros	AKCELA GEAR 135 HP- 80W90
Filtro de aceite de motor	1	84206729
Filtro primario de combustible	1	CNH- 80590
Filtro secundario de combustible	1	84273157
Filtro de aceite hidráulico piloto	1	KHJ-17730
Filtro hidráulico de retorno	1	KJR-20710
Filtro hidráulico de aspiración	1	MMJ-10590
Filtro primario de aire	1	87682984
Filtro secundario de aire	1	87682984

Tabla 19: Ficha técnica de excavadora Case CX350B elaboración propia, fuente Case

FICHA TÉCNICA DE VEHÍCULO: ÁREA DE EQUIPO MECÁNICO DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CURAHUASI		
ESPECIFICACIONES		
Unidad	Retroexcavadora	
Marca	Case	
Modelo	580SN	
N° de motor	Case 445TA/E3	
N° de chasis	JJGN58SRCDC589022	
Horómetro	2452 horas	
Año de fabricación	2013	
Estado actual	Operativo	
MOTOR		
Numero de cilindros	4	
Cilindrada	4.5 litros	
Potencia	97 hp	
Torque	452 Nm @ 2200 rpm	
Combustible	Diesel	
DIMENSIONES:		
Altura hasta el techo de la cabina	3200 mm	
Largo total	7100 mm	
Ancho	2800 mm	
Peso	8500 kg	
REQUERIMINETOS DE FILTRO Y COMBUSTIBLE		
	Cantidad	Tipo o código.
Capacidad del tanque de combustible.	159 litros	
Aceite del motor	13.6 litros	10w30
Aceite de transmisión	10.5 litros	Case akcela Hy tran
Aceite de mandos finales	13.6 litros	Case akcela Hy tran 80w140
Aceite hidráulico	124 litros	Case akcela Hy tran
Refrigerante	18 litros	
Filtro de aceite de motor	1	84228488
Filtro primario de combustible	1	84559022
Filtro secundario de combustible	1	84412164
Filtro de aceite hidráulico	1	84255607
Filtro de transmisión	1	84255608
Filtro primario de aire	1	84217229
Filtro secundario de aire	1	87682999

Tabla 20: Ficha técnica de retroexcavadora Case 580SN elaboración propia, fuente Case

FICHA TÉCNICA DE VEHÍCULO: ÁREA DE EQUIPO MECÁNICO DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CURAHUASI		
ESPECIFICACIONES		
Unidad	Rodillo vibratorio	
Marca	Dynapac	
Modelo	CA-250-D	
N° de motor	Cummins Modelo QSB4.5	
N° de chasis	10000107P0A009489	
Horómetro	815 horas	
Año de fabricación	2013	
Estado actual	Operativo	
MOTOR		
Numero de cilindros		
Cilindrada		
Potencia	110 hp	
Torque		
Combustible	Diesel	
DIMENSIONES:		
Altura hasta el techo de la cabina	2950 mm	
Largo total	5500 mm	
Ancho	2130 mm	
Peso	9650 kg	
REQUERIMINETOS DE FILTRO Y COMBUSTIBLE		
	Cantidad	Tipo o código.
Aceite del motor	11 litros	
Aceite de transmisión	3 litros	
Aceite del diferencial	12 litros	
Aceite hidráulico	23 litros	
Refrigerante	24 litros	
Filtro de aceite de motor	1	Fleteguard 4700212373
Filtro primario de combustible	1	4700935969
Filtro secundario de combustible	1	4700939404
Filtro de aceite hidráulico	1	4700404670
Filtro primario de aire	1	4700394686
Filtro secundario de aire	1	4700394687

Tabla 21: Ficha técnica de rodillo Dynapac CA-250-B elaboración propia, fuente Dynapac

FICHA TÉCNICA DE VEHÍCULO: ÁREA DE EQUIPO MECÁNICO DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CURAHUASI		
ESPECIFICACIONES		
Unidad	Tractor oruga	
Marca	Caterpillar	
Modelo	D6TXL	
N° de motor	CAT c9.3 Acer TXD02692	
N° de chasis	CAT00D6TPGCTO2159	
Horómetro	2246 horas	
Año de fabricación	2013	
Estado actual	Operativo	
MOTOR		
Numero de cilindros	6	
Cilindrada	8.8 litros	
Potencia	227 Hp	
Torque		
Combustible	Diesel	
DIMENSIONES:		
Altura hasta el techo de la cabina	3169 mm	
Largo total	4860 mm	
Ancho	2640 mm	
Peso	21150 kg	
REQUERIMINETOS DE FILTRO Y COMBUSTIBLE		
	Cantidad	Tipo o código.
Capacidad del tanque de combustible	425 litros	
Aceite del motor	24.6 litros	15w40
Aceite de transmisión	148 litros	CAT TDTO SAE 30
Aceite de mandos finales (ambos lados)	27 litros	CAT FDAO SAE 60
Bastidores de rodillo (ambos lados)	50 litros	CAT TDTO SAE 30
Aceite hidráulico	95 litros	CAT Deo 10W30
Refrigerante	65 litros	
Filtro de aceite de motor	1	1R-1808
Filtro separador de combustible	1	326-1644
Filtro de combustible	1	1R-0749
Filtro de aceite hidráulico	1	1R-0777
Filtro de transmisión	1	1R-0778
Filtro primario de aire	1	41098.00
Filtro secundario de aire	1	16516 CAT

Tabla 22: Ficha técnica del tractor oruga Caterpillar D6TXL elaboración propia, fuente Caterpillar

FICHA TÉCNICA DE VEHÍCULO: ÁREA DE EQUIPO MECÁNICO DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CURAHUASI		
ESPECIFICACIONES		
Unidad	Tractor oruga	
Marca	Caterpillar	
Modelo	D7G	
N° de motor	CAT 3306T	
N° de chasis		
Horómetro	7180 horas	
Año de fabricación	2002	
Estado actual	Operativo	
MOTOR		
Numero de cilindros	6	
Cilindrada	10.5 litros	
Potencia	202 HP	
Torque		
Combustible	Diésel	
DIMENSIONES:		
Altura hasta el techo de la cabina	3250 mm	
Largo total	5280 mm	
Ancho	2620 mm	
Peso	20230 kg	
REQUERIMINETOS DE FILTRO Y COMBUSTIBLE		
	Cantidad	Tipo o código.
Aceite del motor	37 litros	15w40
Aceite de transmisión	194 litros	CAT TDTO SAE 30
Aceite de mandos finales	37 litros	CAT FDAO SAE 60
Aceite hidráulico	104 litros	CAT Deo 10W30
Aceite resorte tensor	162 litros	CAT TDTO SAE 30
Refrigerante	80 litros	
Filtro de aceite de motor	1	1R0739
Filtro primario de combustible	1	1R0750
Filtro secundario de combustible	1	326 1644
Filtro de aceite hidráulico	1	1R 0777
Filtro de transmisión	1	1R 0741
Filtro primario de aire	1	6I 2505
Filtro secundario de aire	1	6I 2506

Tabla 23: Ficha técnica del tractor oruga Caterpillar D7G elaboración propia, fuente Caterpillar

FICHA TÉCNICA DE VEHÍCULO: ÁREA DE EQUIPO MECÁNICO DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CURAHUASI		
ESPECIFICACIONES		
Unidad	Volquete	
Marca	Man	
Modelo	TGS WW40.480B	
N° de motor	D2676 LF21	
N° de chasis	TVSR2708L13FMC – TVSR2666L13FMC	
Horómetro	3252 horas y 2986 horas	
Año de fabricación	2013	
Estado actual	Operativo	
MOTOR		
Numero de cilindros	6	
Cilindrada	12.5 litros	
Potencia	473 Hp	
Torque	2300 Nm	
Combustible	Diésel	
DIMENSIONES:		
Altura hasta el techo de la cabina	3399 mm	
Largo total	5885 mm	
Ancho	2760 mm	
Peso	4700 Kg	
REQUERIMINETOS DE FILTRO Y COMBUSTIBLE		
	Cantidad	Tipo o código.
Aceite del motor	40 litros	Castrol Enduron 10W40
Aceite de transmisión	12 litros	Syntrax 75W80
Aceite del eje posterior	19 litros	Syntrax 75W80
Aceite hidráulico	95 litros	Syntrax 75W90
Aceite de dirección	5.6 litros	Syntrax 75W90
Refrigerante	42 litros	
Filtro de aceite de motor	1	5105504-0108 MAN
Filtro primario de combustible	1	5112503-0063 MAN
Filtro secundario de combustible	1	5112503-0064 MAN
Filtro de aceite hidráulico	1	5112503-0070 MAN
Filtro de transmisión	1	5112503-0071 MAN
Filtro primario de aire	1	CF-1640 MAN
Filtro secundario de aire	1	81-08405-0021

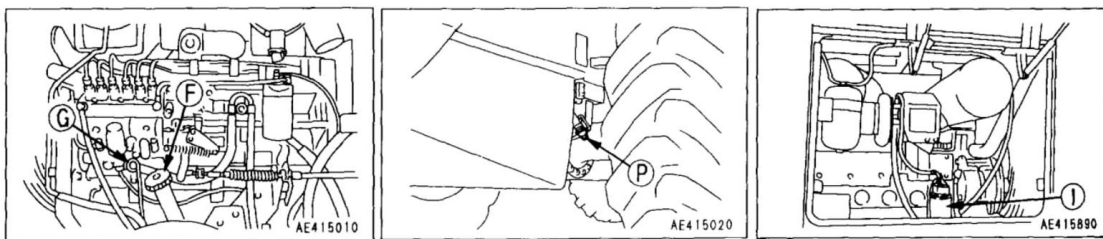
Tabla 24: Ficha técnica del volquete Man TGS WW40.480B elaboración propia, fuente Man

Tarea 3 Despiece de los componentes de la maquinaria

Despiece del cargador frontal Komatsu WA180-3

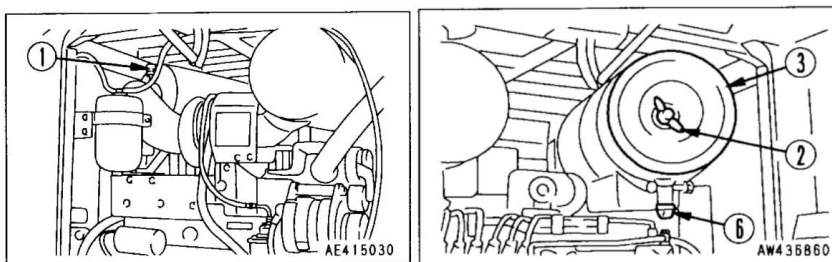


REVISAR O SUSTITUIR FILTRO Y ACEITE DEL MOTOR



- G.- Sonda de nivel de aceite
F.- Tubo abastecedor de aceite
P.- Tapón de drenaje del aceite
1.- Filtro de aceite del motor

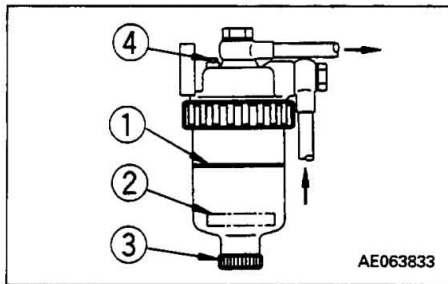
REVISAR, SUSTITUIR EL FILTRO DE AIRE



- 1.- Indicador de obstrucción de polvo
2.- Tuerca mariposa
3.- Elemento exterior
6.- Válvula de descarga

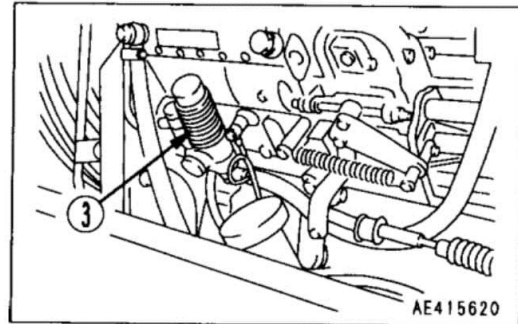
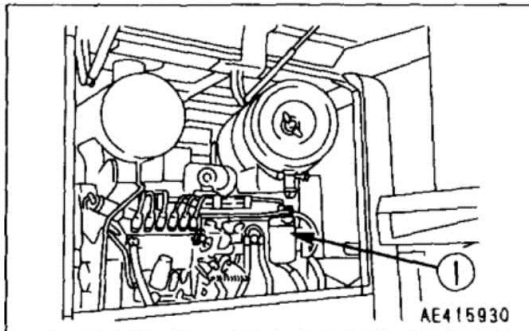
Figura10: Despiece del cargador frontal Komatsu WA180-3 elaboración propia fuente Komatsu

REVISAR EL SEPARADOR DE AGUA



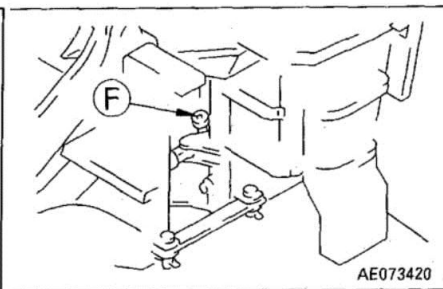
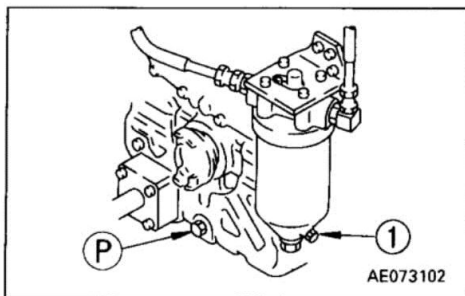
- 1.- línea roja
- 2.- Flotante
- 3.- Tapón de drenaje
- 4.- Tapón de purgar el aire

REVISAR O SUSTITUIR FILTRO DE COMBUSTIBLE



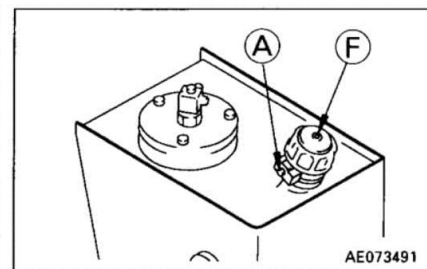
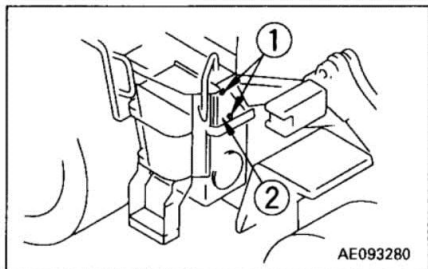
- 1.- Filtro de combustible del motor
- 3.- Perilla de la bomba de cebado

SISTEMA DE TRANSMISIÓN



- 1.- Tapón de drenaje del filtro
- P.- Tapón de drenaje del aceite de transmisión
- F.- Orificio de abastecimiento de aceite de transmisión

SUSTITUCION DE ACEITE HIDRAULICO



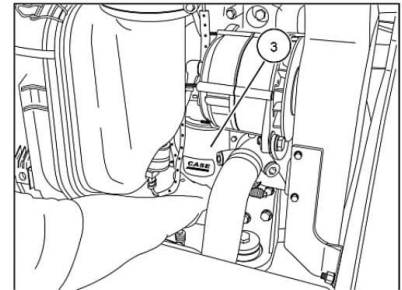
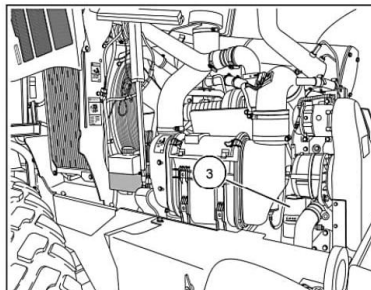
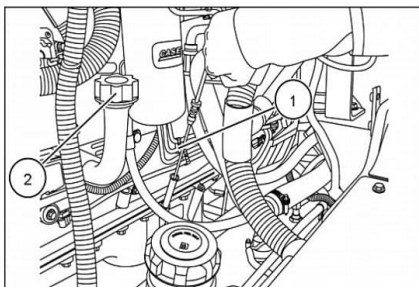
- 1.- Tornillo
- 2.- Tapa
- A.- Seguro
- F.- Orificio de abastecimiento de aceite

Figura11: Despiece 2 del cargador frontal Komatsu WA180-3 elaboración propia fuente Komatsu

Despiece del cargador frontal Case 821F

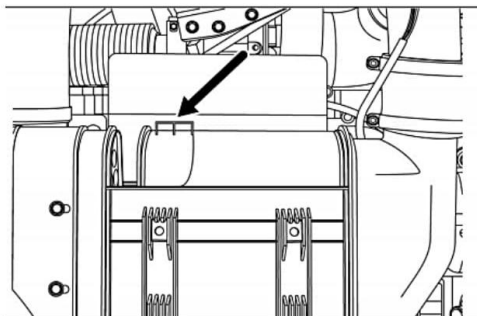
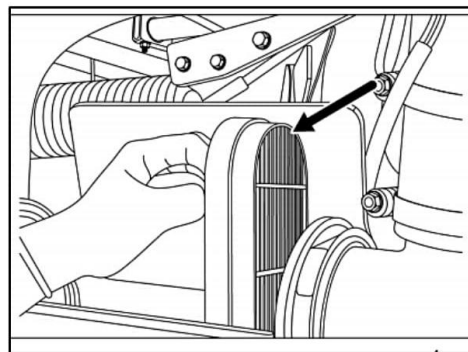
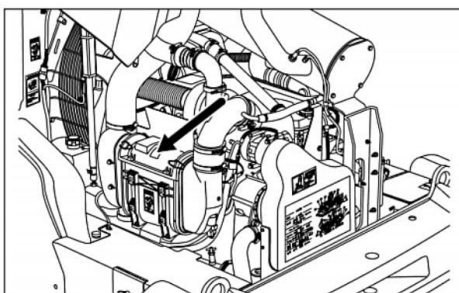


REVISAR O SUSTITUIR FILTRO Y ACEITE DEL MOTOR



- 1.- Sonda de nivel de aceite
- 2.- Tubo abastecedor de aceite
- 3.- Filtro de aceite del motor

REVISAR, SUSTITUIR EL FILTRO DE AIRE

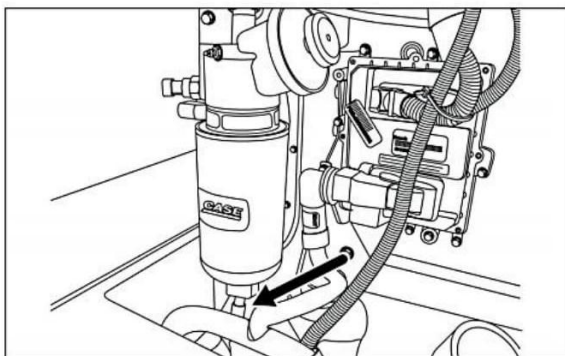


Retire el filtro primario deslizándolo hacia la parte delantera de la máquina y levantando el mango. Después de que el filtro primario se ha eliminado, limpie el interior del cuerpo de alojamiento de filtro limpio de cualquier suciedad y los residuos antes de retirar el filtro secundario

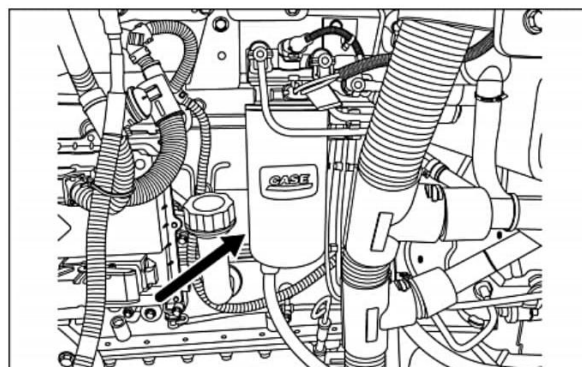
Figura12: Despiece del cargador frontal Case 821F elaboración propia, fuente Case

FILTRO Y PRE FILTRO DE COMBUSTIBLE

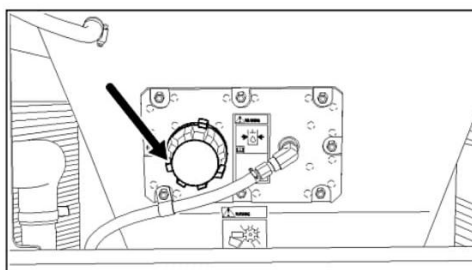
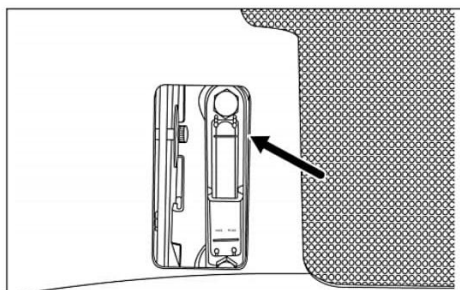
1.- Pre filtro de combustible



2.- Filtro de combustible



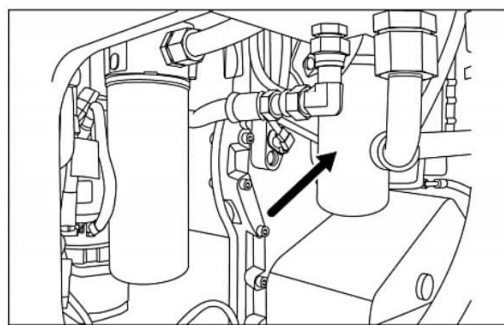
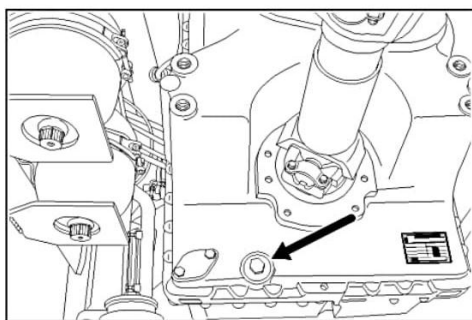
REVISAR O SUSTITUIR ACEITE HIDRÁULICO



1.- Comprobar nivel de aceite

2.- Si se requiere aceite, libere la presión del sistema. aflojar lentamente el tapón del depósito, y rematar hasta que se alcanza el nivel de aceite adecuado. La tapa de llenado de aceite hidráulico se encuentra bajo el núcleo del condensador detrás de la cabina del operador.

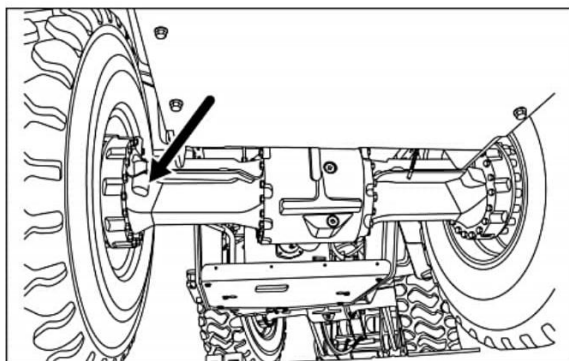
SISTEMA DE TRANSMISIÓN



1.- Tapón de drenaje

2.- Filtro de transmisión

SUSTITUCION DEL ACEITE EN LOS EJES



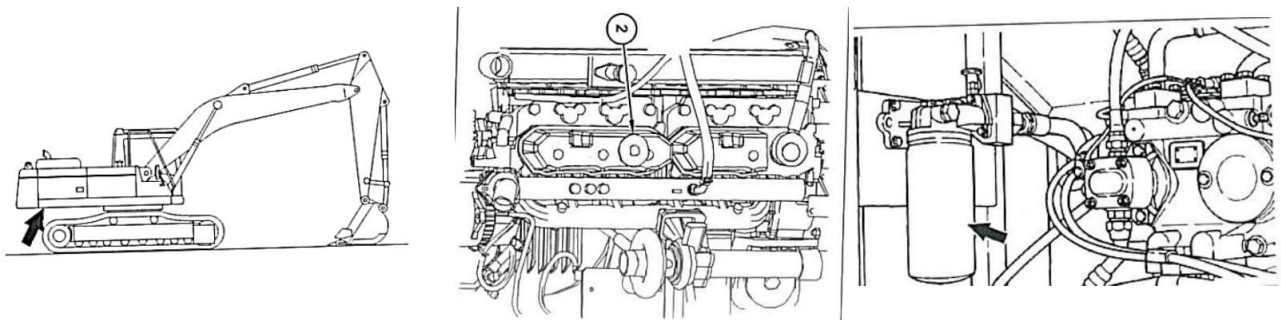
Quitar el tapón de aceite desde el extremo de la viga del eje. El nivel del aceite debe estar a nivel con la parte inferior del tapón.

Figura 13: Despiece 2 del cargador frontal Case 821F elaboración propia, fuente Case

Despiece de la retroexcavadora Case CX350B

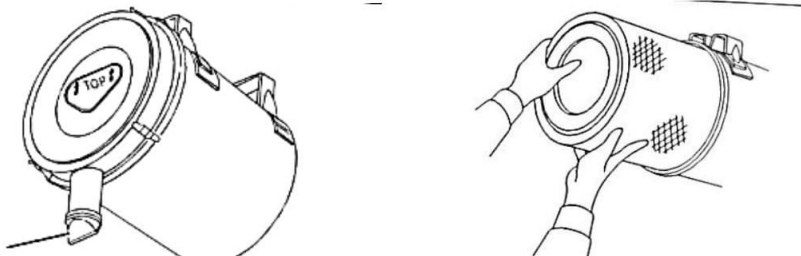


REVISAR O SUSTITUIR FILTRO Y ACEITE DEL MOTOR



- 1.- Ubicación del tapón de drenaje del aceite
- 2.- Tapón de llenado de aceite
- 3 imagen. - Filtro de aceite del motor

REVISAR, SUSTITUIR EL FILTRO DE AIRE



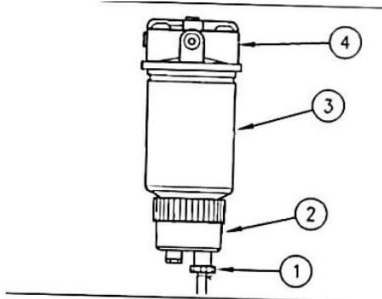
- 1.- Carcasa de los filtros de aire
- 2.- Filtro primario y secundario

Figura 14: Despiece de la excavadora Case CX350B elaboración propia, fuente Case

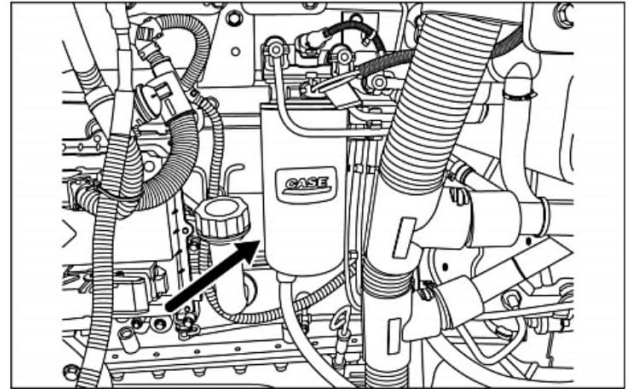
FILTRO Y PRE FILTRO DE COMBUSTIBLE

Pre filtro de combustible

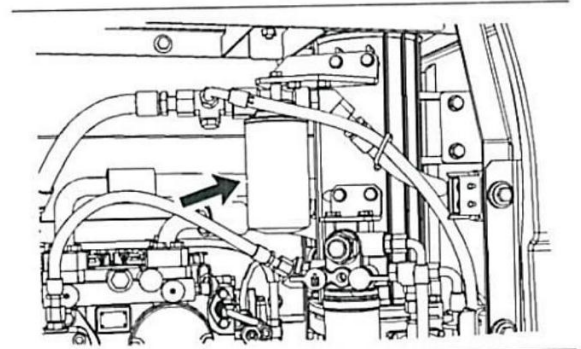
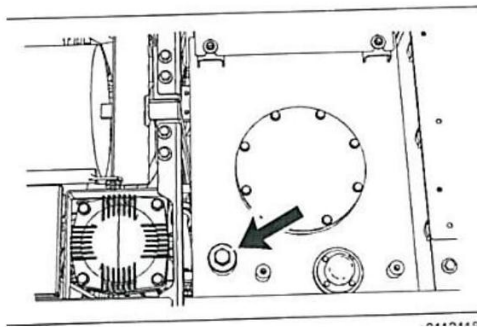
- 1.- Válvula de drenaje
- 2.- Recipiente extractor de agua
- 3.-Filtro
- 4.-Base del filtro



2.- Filtro secundario de combustible



REVISAR O SUSTITUIR ACEITE HIDRAULICO



1.- Cubierta del depósito hidráulico

2 imagen. - Filtro hidráulico

SUSTITUCION DEL ACEITE EN LOS MANDOS FINALES

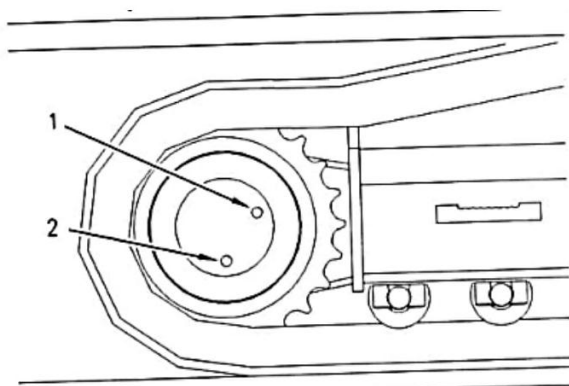


Ilustración 323

g00822278

1.-Tapón de llenado

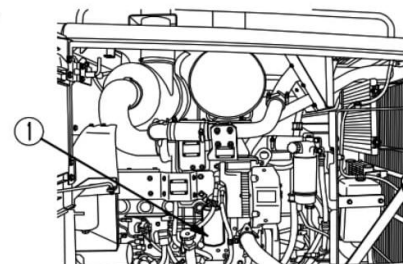
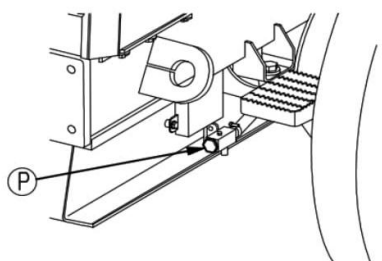
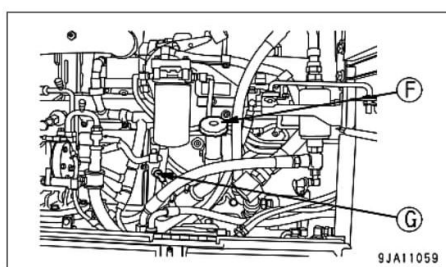
2.- Tapón de drenaje

Figura 15: Despiece 2 de la excavadora Case CX350B elaboración propia, fuente Case

Despiece de la Motoniveladora Komatsu GD-555-5

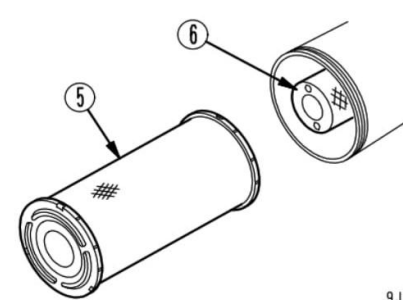
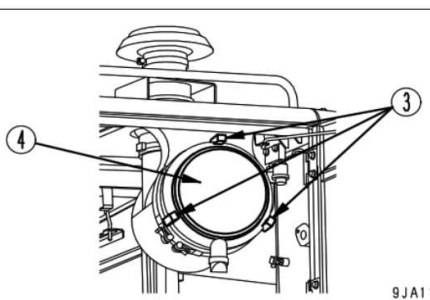
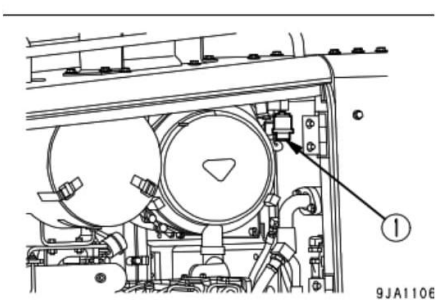


REVISAR O SUSTITUIR FILTRO Y ACEITE DEL MOTOR



- G.- Sonda de nivel de aceite
F.- Tubo abastecedor de aceite
P.- Tapón de drenaje del aceite
1.- Filtro de aceite del motor

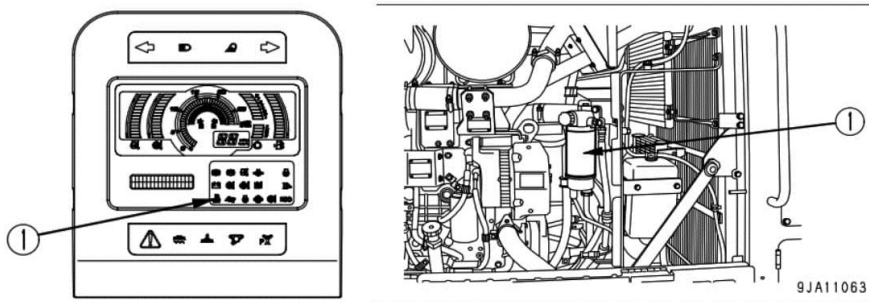
REVISAR, SUSTITUIR EL FILTRO DE AIRE



- 1.- Indicador de obstrucción de polvo
3.- Grapas
4.- Cono para polvo
5.- Elemento exterior
6.- Elemento interior

Figura 16: Despiece de la motoniveladora Komatsu GD-555-5 elaboración propia, fuente Komatsu

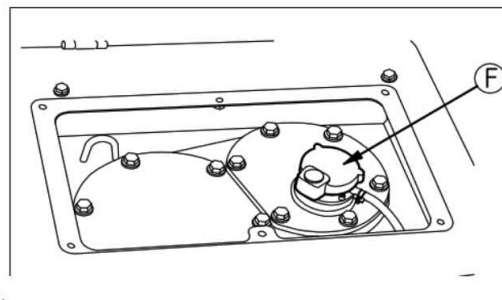
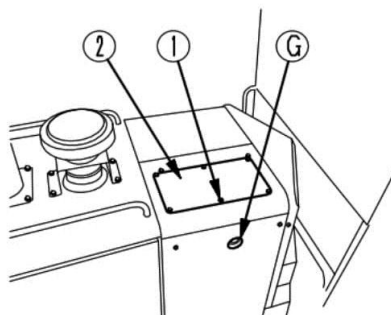
REVISAR EL SEPARADOR DE AGUA



1.- Tablero de la maquina
señal de separador

1.- Pre filtro de combustible

REVISAR O SUSTITUIR ACEITE HIDRÁULICO



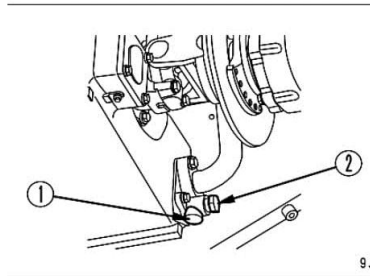
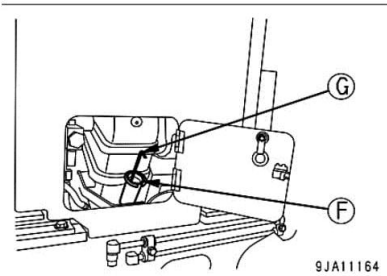
1.- Tornillo

2.- Cubierta

F.- Orificio de
abastecimiento de
aceite

G.- Indicador

SISTEMA DE TRANSMISIÓN



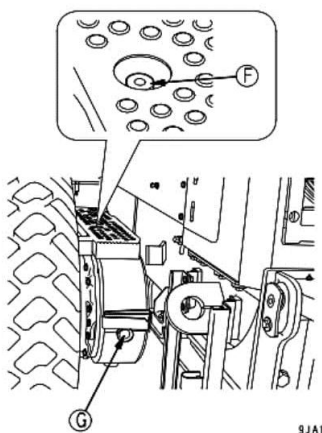
1.- Tapón de drenaje

2.- Tapón de drenaje

G.- Varilla de medición

F.- Orificio de
abastecimiento de aceite

SUSTITUCIÓN DEL ACEITE EN LA CAJA DE MANDOS TAMDEN



G.- Tapón

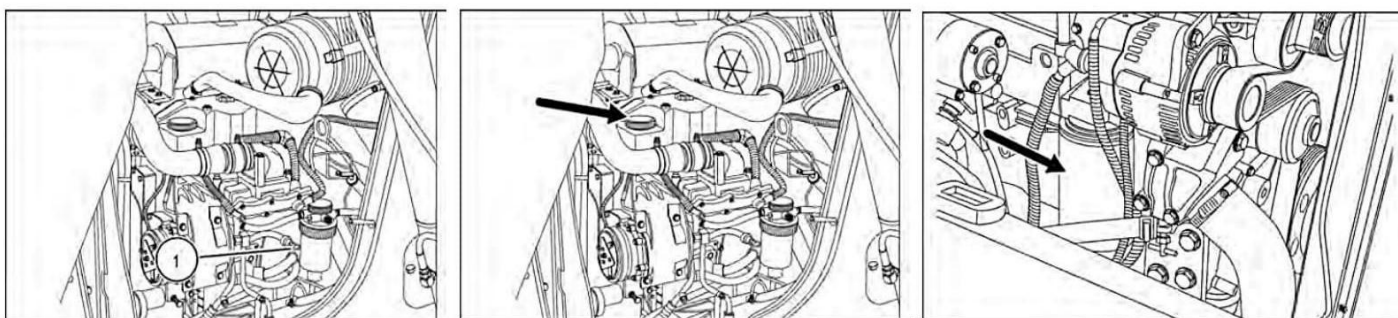
F.- Orificio de
abastecimiento de aceite
hidráulico

Figura 17: Despiece 2 de la motoniveladora Komatsu GD-555-5 elaboración propia, fuente Komatsu

Despiece de la retroexcavadora Case 580SN

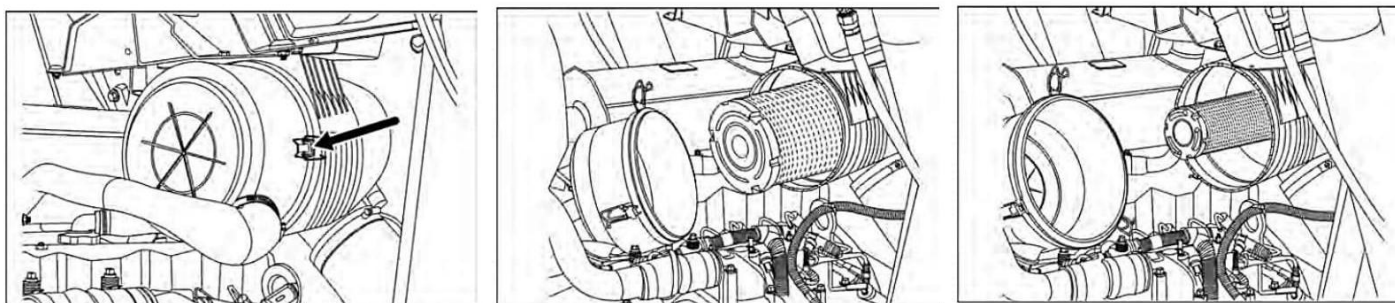


REVISAR O SUSTITUIR FILTRO Y ACEITE DEL MOTOR



- 1.- Sonda de nivel de aceite
- 2.- Tubo abastecedor de aceite
- 3.- Filtro de aceite del motor

REVISAR, SUSTITUIR EL FILTRO DE AIRE



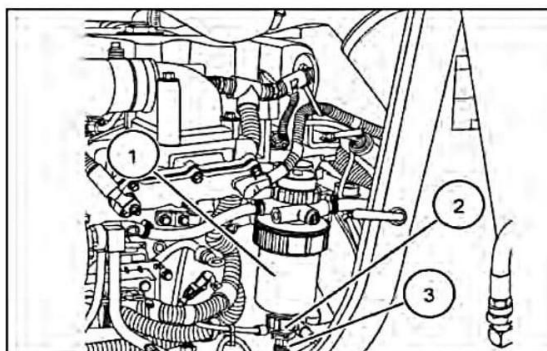
- 1.- Soltar los clips que sujetan la tapa de la carcasa del filtro de aire en su lugar.
- 2.- Retire el filtro primario.
- 3.- Retire el filtro secundario

Figura 18: Despiece de la retroexcavadora Case 580SN elaboración propia, fuente Case

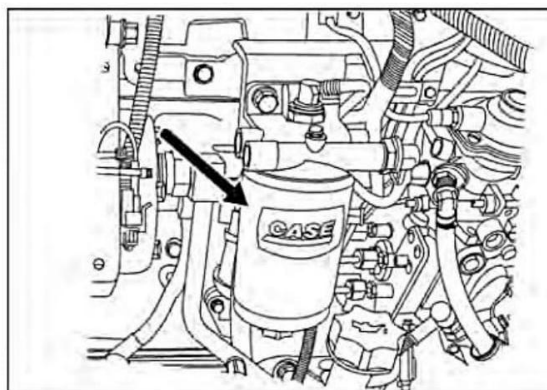
FILTRO Y PRE FILTRO DE COMBUSTIBLE

Pre filtro de combustible

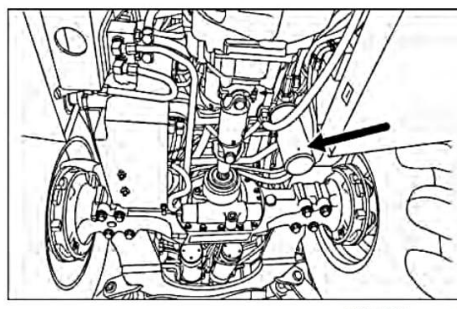
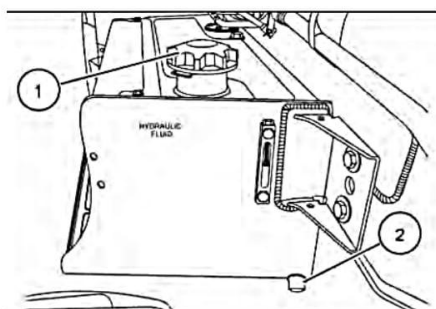
- 1.- Separador de agua
- 2.- Válvula de drenaje
- 3.- Conector de manguera



2.- Filtro de combustible



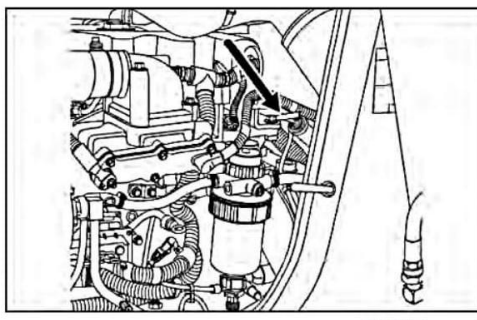
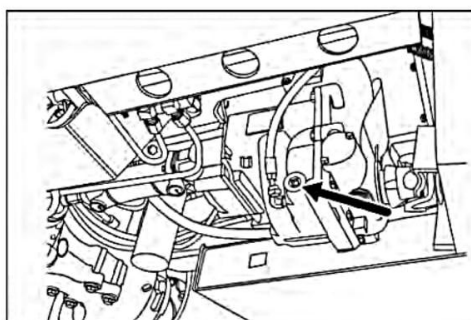
REVISAR O SUSTITUIR ACEITE HIDRÁULICO



1.- Tapa de llenado de aceite

2.- Tapón de drenaje de aceite

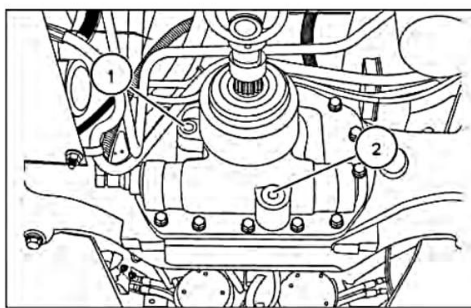
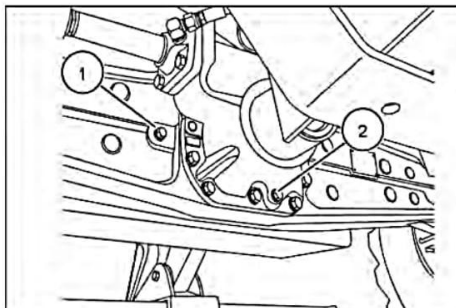
SISTEMA DE TRANSMISIÓN



1.- Tapón de drenaje

2.- Filtro de transmisión

SUSTITUCIÓN DEL ACEITE EN LOS EJES



1.- Tapón de llenado

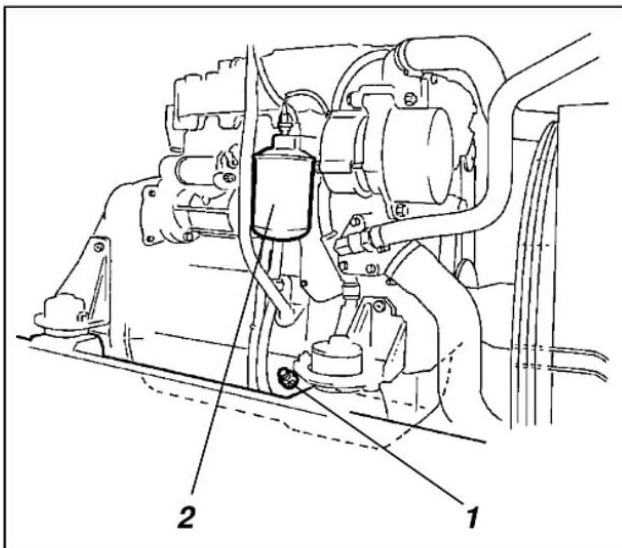
2.- Tapón de drenaje

Figura 19: Despiece 2 de la retroexcavadora Case 580SN elaboración propia, fuente Case

Despiece del rodillo Dynapac CA-250-B

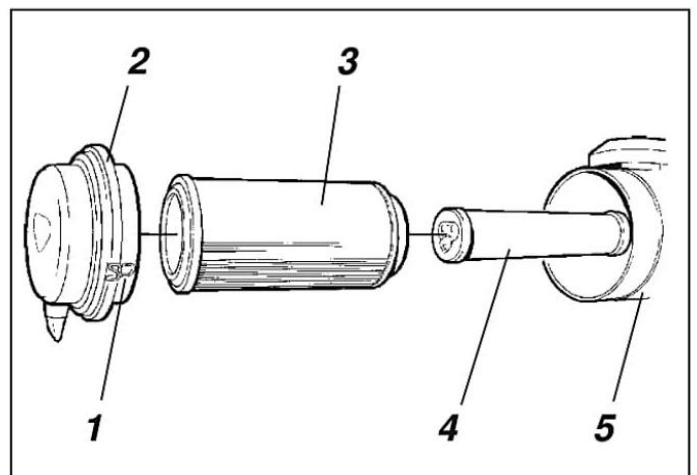


CAMBIO DE FILTRO Y ACEITE DEL MOTOR



- 1.- Tapón de vaciado de aceite
- 2.- Filtro de aceite del motor

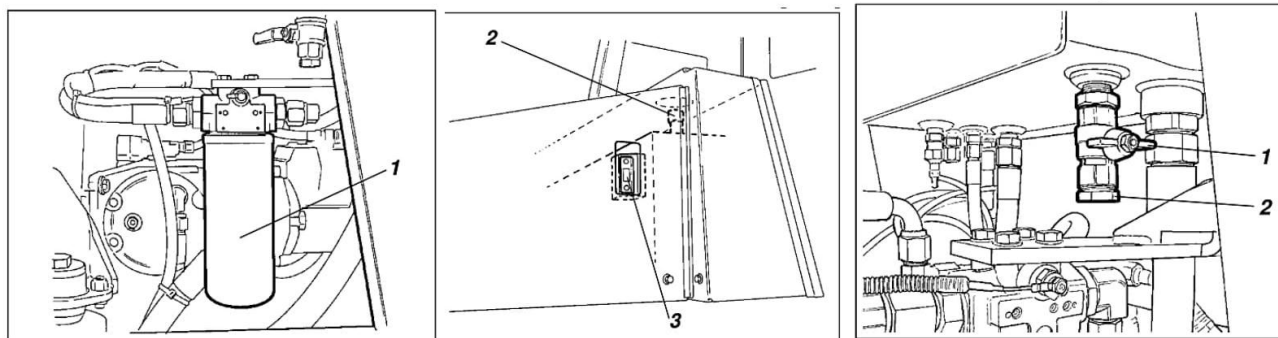
FILTRO DE AIRE DEL



- 1.- Válvula
- 2.- Tapón
- 3.- Filtro principal
- 4.- Filtro secundario
- 5.-Cuerpo de filtro

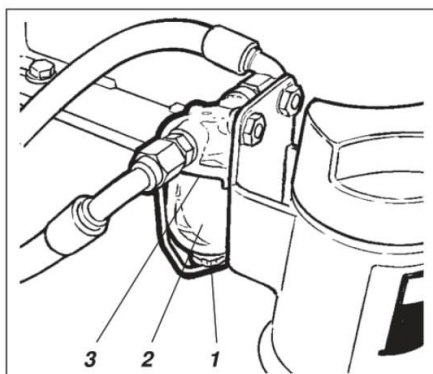
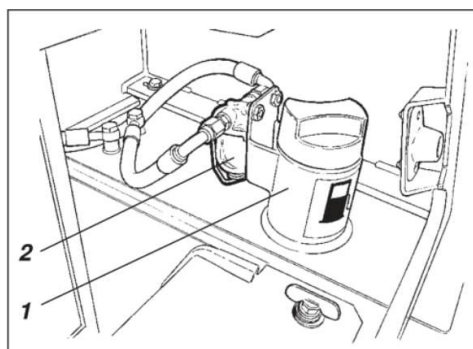
Figura 20: Despiece del rodillo Dynapac CA-250-b elaboración propia, fuente Dynapac

SISTEMA HIDRAULICO



- 1.- Filtro de aceite hidráulico
 - 2.- Tapón de llenado de aceite
 - 3.- Indicador de nivel de aceite
- 3ra imagen:
- 1.- llave de drenaje
 - 2.- Tapón de drenaje de aceite

SISTEMA DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR



- 1ra imagen
- 1.- Tubo de llenado
 - 2.-Filtro primario
- 2da imagen
- 1.- Tornillo
 - 2.-Recipiente de vidrio
 - 3.-Colador

ACEITE DEL DIFERENCIAL DEL EJE TRASERO

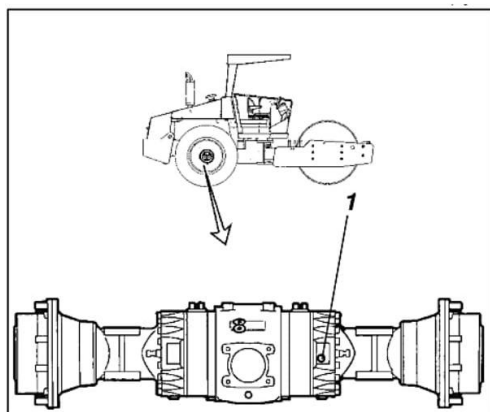


Fig. 19 Control de nivel – alojamiento del diferencial
1. Tapón de nivel/llenado

RASCADORES DEL RODILLO

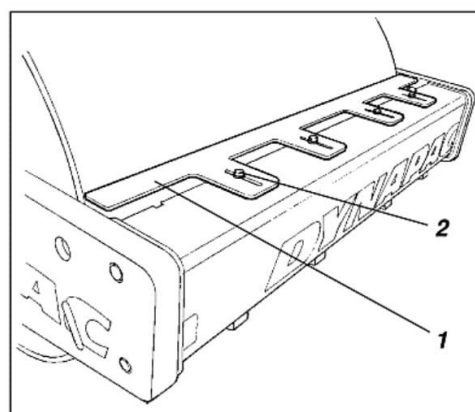


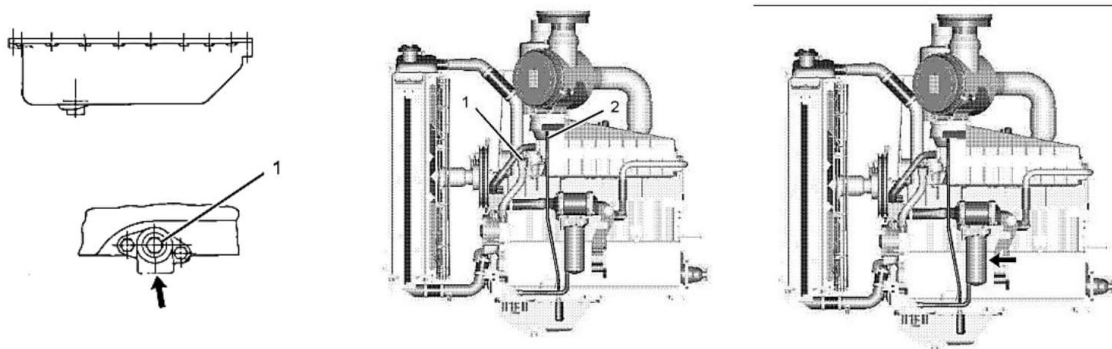
Fig.2 Rascadores
1.Hoja de raedera
2. Tornillos (x4)

Figura 21: Despiece 2 del rodillo Dynapac CA-250-b elaboración propia, fuente Dynapac

Despiece del tractor oruga Caterpillar D7G

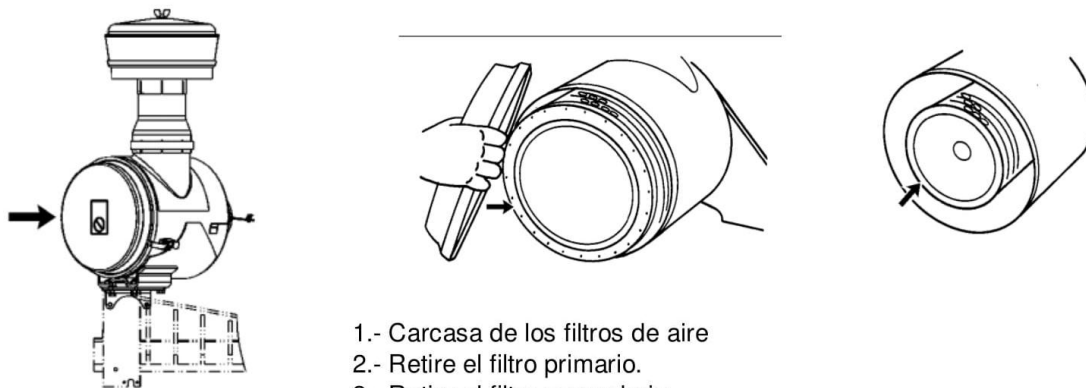


REVISAR O SUSTITUIR FILTRO Y ACEITE DEL MOTOR



- 1. imagen Tapón de drenaje del aceite
- 1.- Tapón de llenado de aceite
- 2.- Varilla de indicador de aceite
- 3 imagen. - Filtro de aceite del motor

REVISAR, SUSTITUIR EL FILTRO DE AIRE



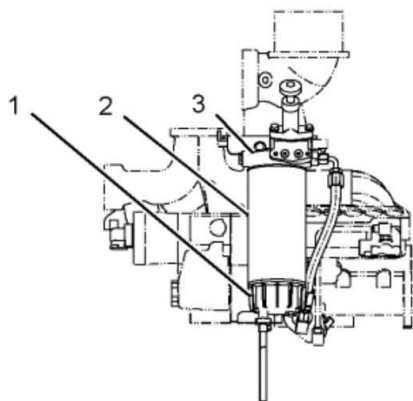
- 1.- Carcasa de los filtros de aire
- 2.- Retire el filtro primario.
- 3.- Retire el filtro secundario

Figura 22: Despiece del tractor oruga Caterpillar D7G elaboración propia, fuente Caterpillar

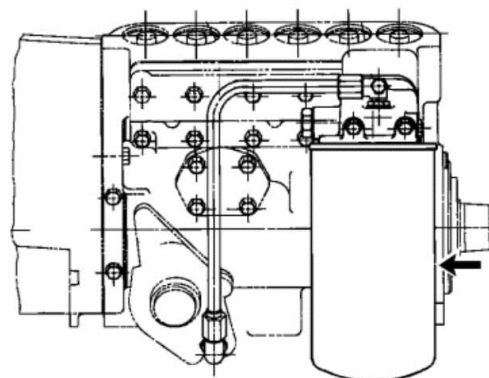
FILTRO Y PRE FILTRO DE COMBUSTIBLE

Pre filtro de combustible

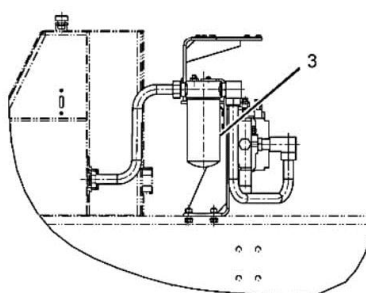
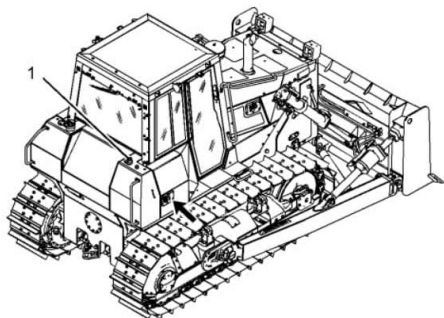
- 1.- Deposito extractor de agua
- 2.- elemento
- 3.- Base de montaje



2.- Filtro secundario de combustible

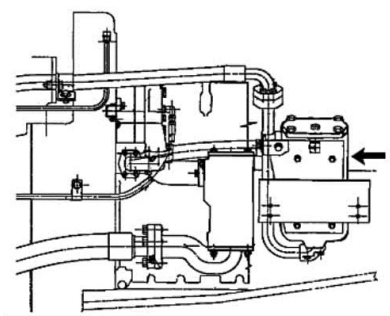
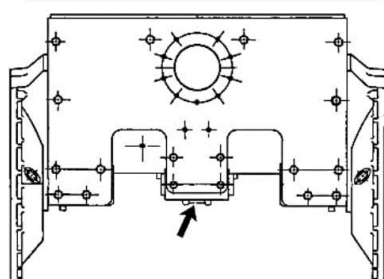


REVISAR O SUSTITUIR ACEITE HIDRÁULICO



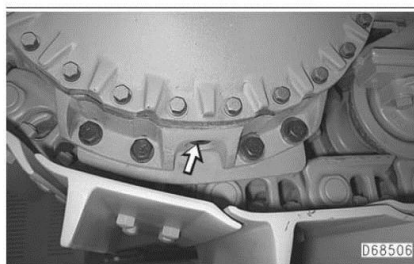
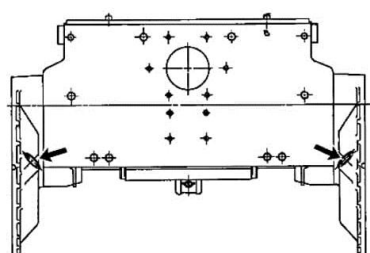
- 1.- Tapa de llenado de aceite

SISTEMA DE TRANSMISIÓN



1. imagen - Tapón de drenaje
- 2.- Carcasa del Filtro de transmisión

SUSTITUCIÓN DEL ACEITE EN LOS MANDOS FINALES



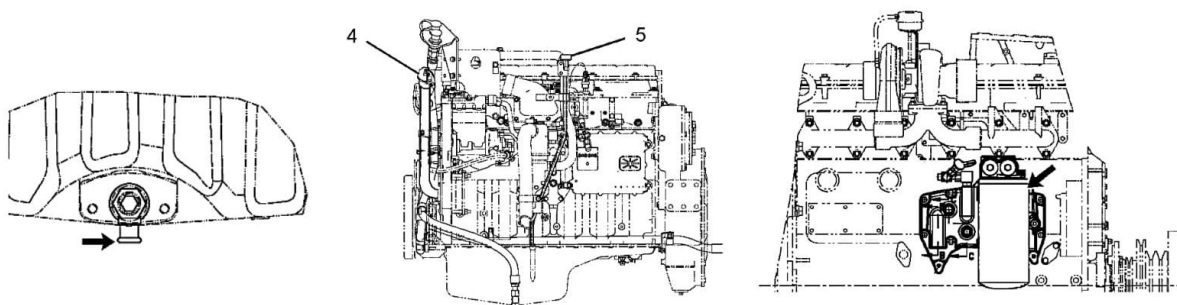
- 1.-Tapón de relleno de aceite
- 2.- Tapón de drenaje de aceite

Figura 23: Despiece 2 del tractor oruga Caterpillar D7G elaboración propia, fuente Caterpillar

Despiece del tractor oruga Caterpillar D6TXL

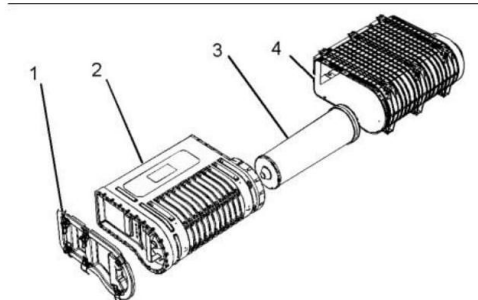
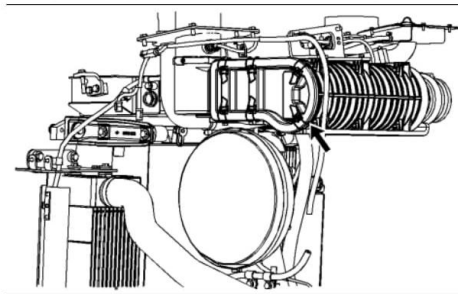


REVISAR O SUSTITUIR FILTRO Y ACEITE DEL MOTOR



- 1.- Tapón de drenaje del aceite
- 4.- Tapón de llenado de aceite
- 5.- Varilla de indicador de aceite
- 3ra imagen. - Filtro de aceite del motor

REVISAR, SUSTITUIR EL FILTRO DE AIRE



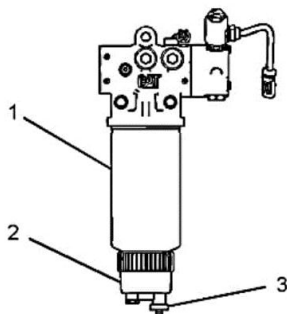
- 1.- Carcasa de los filtros de aire
- 2.- Retire el filtro primario.
- 3.- Retire el filtro secundario
- 4.- Interior de la carcasa de filtros

Figura 24: Despiece del tractor oruga Caterpillar D6TXL elaboración propia, fuente Caterpillar

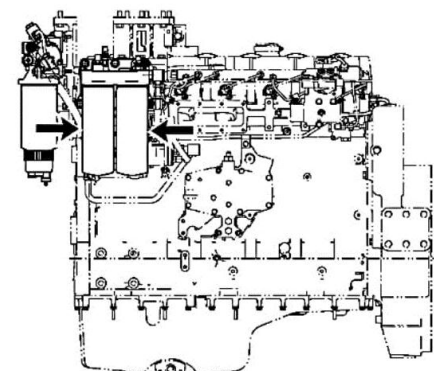
FILTRO Y PRE FILTRO DE COMBUSTIBLE

Pre filtro de combustible

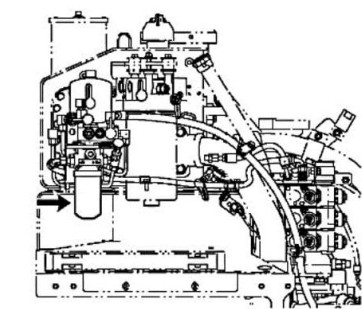
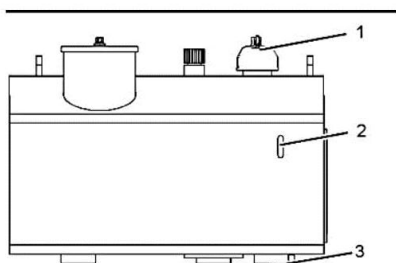
- 1.- Separador de agua
- 2.- Recipiente donde se almacena el agua
- 3.- Válvula de drenaje



2.- Filtro secundario de combustible

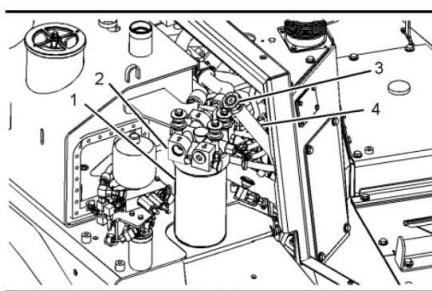
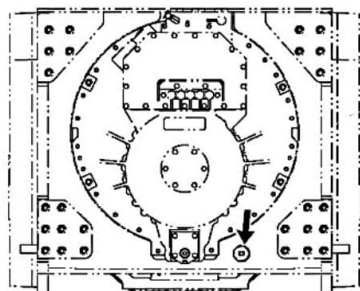


REVISAR O SUSTITUIR ACEITE HIDRÁULICO



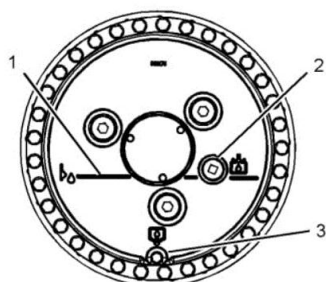
- 1.- Tapa de llenado de aceite
 - 2.- Tapón de drenaje de aceite
 - 3.- Indicador de aceite
- 2 imagen. - Filtro hidráulico

SISTEMA DE TRANSMISIÓN



1. imagen - Tapón de drenaje
- 1.- Filtro de transmisión
- 2.- Base del filtro
- 3.- Tapa del orificio de llenado
- 4.- Tubo de llenado de aceite

SUSTITUCIÓN DEL ACEITE EN LOS MANDOS FINALES



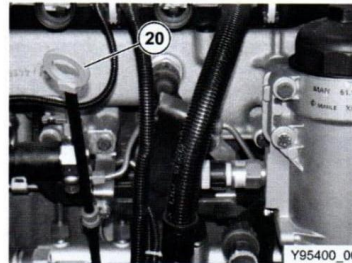
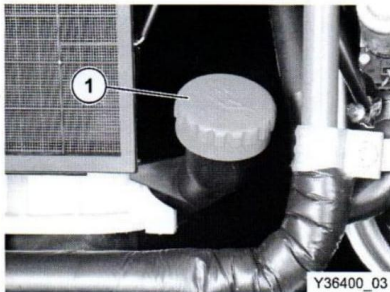
- 1.- Indicador del nivel de aceite
- 2.- Tapón de llenado
- 3.- Tapón de drenaje

Figura 25: Despiece 2 del tractor oruga Caterpillar D6TXL elaboración propia, fuente Caterpillar

Despiece de los volquetes Man TGS WW40.480BB

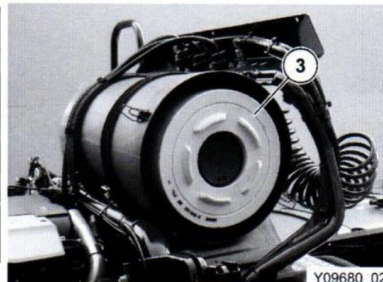
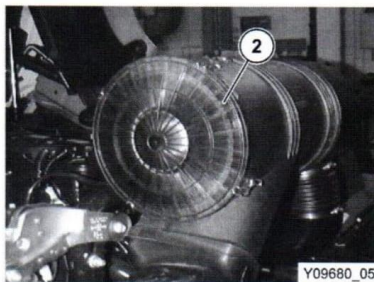


REVISAR O SUSTITUIR FILTRO Y ACEITE DEL MOTOR



- 1.- Tapón de llenado de aceite
- 20.- Varilla de indicador de aceite
- 3 imagen. - Filtro de aceite del motor

REVISAR, SUSTITUIR EL FILTRO DE AIRE



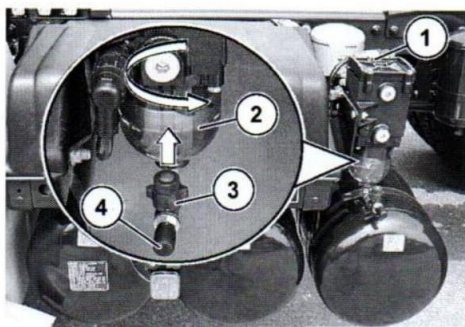
- 1.- Carcasa de los filtros de aire
- 2.- Cartucho del filtro primario.
- 3.- Carcasa de filtros

Figura 26: Despiece del volquete Man TGS WW40.480, elaboración propia, fuente Man

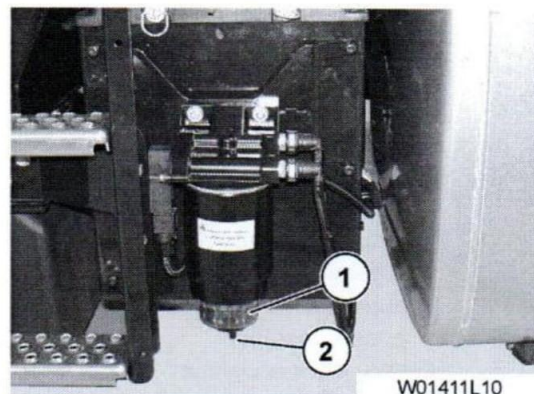
FILTRO Y PRE FILTRO DE COMBUSTIBLE

Pre filtro de combustible

- 1.- Tornillo de purga de aire
- 2.- Centrifugadora
- 3.- Llave de cierre
- 4.- Tapón de salida de agua

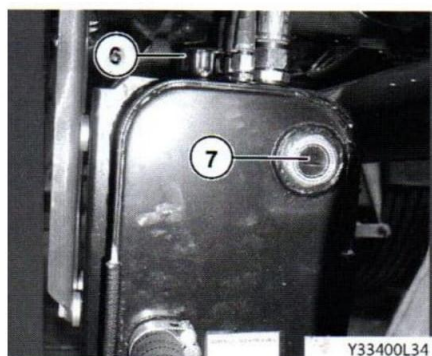


2.- Filtro secundario de combustible

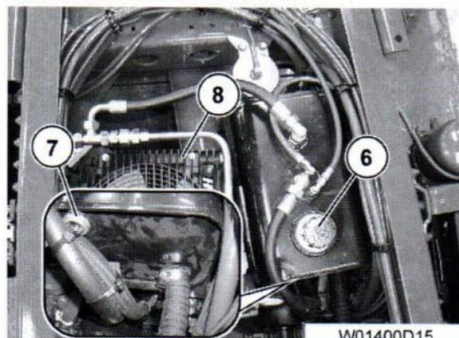


W01411L10

REVISAR O SUSTITUIR ACEITE HIDRÁULICO



Y33400L34



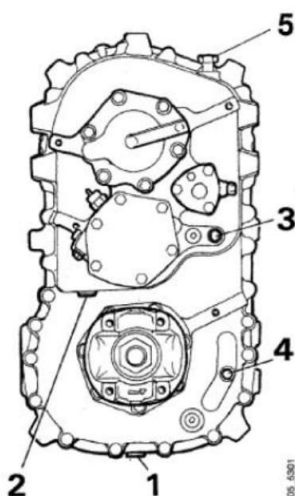
W01400D15

6.- Tubo de llenado de aceite

7.- Mirilla

8.- Radiador de aceite

SISTEMA DE TRANSMISIÓN



- 1.- Tapón de drenaje inferior
- 2.- Tapón de drenaje superior
- 3.- Tapón de llenado de aceite
- 4.- Tapón de nivel de aceite
- 5.- Ventilador

Figura 27: Despiece 2 del volquete Man TGS WW40.480BB, elaboración propia, fuente Man

Tarea 4 Confección de las actividades de mantenimiento

A continuación, se presenta el plan de mantenimiento preventivo para cada unidad, definiendo las actividades a realizar para cada sistema (frenos, hidráulico, dirección, transmisión y eléctrico), motor, chasis y cabina dependiendo del tipo de mantenimiento que corresponde de acuerdo a las horas de trabajo.

Plan de mantenimiento para cargador frontal, Case 821F

SISTEMA	TIPO DE MANTENIMIENTO			
	MP1 250	MP2 500	MP3 1000	MP4 2000
MOTOR				
Encender el motor durante 5 minutos para una inspección sensorial.	X	X	X	X
Cambiar aceite de motor	X	X	X	X
Cambiar filtro de aceite del motor	X	X	X	X
Drenar el agua del separador de agua (Filtro primario)	X	X	X	X
Cambiar filtro primario de combustible		X	X	X
Cambiar filtro secundario de combustible		X	X	X
Limpiar filtro de aire primario y secundario del motor	X			
Cambiar filtro de aire primario y secundario del motor		X	X	X
Limpiar respiradero del cárter de motor		X	X	X
Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible.		X	X	X
Limpiar tapa colador del tanque de combustible.		X	X	X
Cabar el sistema de combustible.		X	X	X
Cambiar refrigerante del motor				X
Lavado del sistema de refrigeración				X
Aliviar presiones del refrigerante del motor				X
Reemplazar secador de aire acondicionado				X
Calibrar juego de válvulas del motor				X
Revisar las piezas del turbo alimentador			X	X
Revisar el juego del rotor del turbo alimentador			X	X
Calentado y prueba	X	X	X	X
CABINA				
Limpiar filtros de aire de cabina	X	X		
Cambiar filtros de aire de cabina			X	X
Cambiar cinturón de seguridad				X
Comprobar estado de la estructura ROPS			X	X
TRANSMISION				
Cambiar aceite de transmisión			X	X
Cambiar filtro de aceite de transmisión		X	X	X
Limpiar zona de tapón de llenado de aceite de transmisión		X	X	X
Limpiar zona del tapón del diferencial y mandos finales posterior y delantero		X	X	X

Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite del sistema de transmisión	X	X	X	X
Cambiar aceite del diferencial y mandos finales posterior y delantero				X
Comprobar limallas del filtro magnético del eje delantero y posterior				X
Limpiar rejilla magnética y cambiar sello			X	X
Evaluación de ejes cardánicos				X
HIDRÁULICO				
Cambiar el aceite hidráulico				X
Cambiar filtro de aceite del sistema hidráulico			X	X
Aliviar presiones del sistema hidráulico		X	X	X
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite	X	X	X	X
Limpiar rejilla de drenaje de la caja (Colador) (Bomba de la dirección, bomba del ventilador hidráulico, Motor)			X	X
Limpiar Válvula de alivio de tanque hidráulico.				X
ELECTRICO				
Limpiar y Comprobar estado de cables de baterías. Cambiar si fuera necesario	X	X	X	X
Comprobar tensión de faja del alternador	X	X	X	X
Verificar ajuste de sujetador de baterías. Ajuste si es necesario				X
Probar alarma de retroceso	X	X	X	X
DIRECCIÓN				
Aliviar presiones del sistema de dirección y frenos			X	X
Comprobar el juego de la columna de dirección		X	X	X
Comprobar el estado de los cilindros de dirección		X	X	X
Limpiar rejilla de aceite de la dirección piloto			X	X
FRENOS				
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite		X	X	X
Comprobar acumulador de freno	X	X	X	X
Comprobar frenos	X	X	X	X
Comprobar frenos de estacionamiento	X	X	X	X
Comprobar discos de freno				X
Comprobar indicador de desgaste de freno de servicio				X
CHASIS				
Evaluar juego de pines de castillo			X	X
Evaluar juego de pines articulación central			X	X
Lubricación	X	X	X	X
Engrasar accesorios de engrase del cucharón	X	X	X	X
Engrasar juntas de deslizamientos del eje de transmisión	X	X	X	X
MATERIAL RODANTE				
Comprobación de inflado de neumáticos	X	X	X	X
Comprobar altura de cocada	X	X	X	X

Tabla 25: Plan de mantenimiento preventivo del cargador frontal, Case 821F

(elaboración propia).

Plan de mantenimiento del cargador frontal Komatsu WA180-3

SISTEMA	TIPO DE MANTENIMIENTO			
	MP1 250	MP2 500	MP3 1000	MP4 2000
MOTOR				
Encender el motor durante 5 minutos para una inspección sensorial.	X	X	X	X
Cambiar aceite de motor	X	X	X	X
Cambiar filtro de aceite del motor	X	X	X	X
Drenar el agua del separador de agua (Filtro primario)	X	X	X	X
Cambiar filtro primario de combustible		X	X	X
Cambiar filtro secundario de combustible		X	X	X
Limpiar filtro de aire primario y secundario	X			
Cambiar filtro de aire primario y secundario del motor.		X	X	X
Limpiar respiradero de cárter de motor		X	X	X
Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible.	X	X	X	X
Limpiar tapa colador del tanque de combustible.		X	X	X
Cabar el sistema de combustible.	X	X	X	X
Cambiar refrigerante de motor				X
Aliviar presiones del refrigerante del motor				X
Lavado del sistema de refrigeración				X
Reemplazar secador de aire acondicionado				X
Calibrar juego de válvulas del motor			X	X
Calentado y prueba	X	X	X	X
Revisar las piezas del turbo alimentador			X	X
Revisar el juego del rotor del turbo alimentador			X	X
CABINA				
Limpiar filtros de aire de cabina	X	X		
Cambiar filtros de aire de cabina			X	X
Cambiar cinturón de seguridad				X
Comprobar estado de la estructura ROPS			X	X
TRANSMISIÓN				
Cambiar aceite de transmisión			X	X
Cambiar filtro de aceite de transmisión		X	X	X
Limpiar zona de tapón de llenado de aceite de transmisión		X	X	X
Limpiar zona del tapón del diferencial y mandos finales posterior y delantero		X	X	X
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite del sistema de transmisión	X	X	X	X
Cambiar aceite del diferencial y mandos finales posterior y delantero y posterior				X
Comprobar limallas del filtro magnético del eje delantero y posterior				X
Limpiar rejilla magnética y cambiar sello			X	X
Evaluación de ejes cardánicos				X
HIDRÁULICO				
Cambiar el aceite hidráulico			X	X
Cambiar filtro de aceite del sistema hidráulico.		X	X	X
Aliviar presiones del sistema hidráulico		X	X	X

Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite	X	X	X	X
Limpiar rejilla de drenaje de la caja (Colador) (Bomba de la dirección, bomba del ventilador hidráulico, Motor)			X	X
Cambiar sello de tapa de tanque hidráulico				X
Limpiar Válvula de alivio de tanque hidráulico				X
ELECTRICO				
Limpiar y Comprobar estado de cables de baterías. Cambiar si fuera necesario	X	X	X	X
Comprobar tensión de faja del alternador	X	X	X	X
Verificar ajuste de sujetador de baterías. Ajuste si es necesario				X
Probar alarma de retroceso	X	X	X	X
DIRECCIÓN				
Aliviar presiones del sistema de dirección y frenos			X	X
Comprobar el juego de la columna de dirección		X	X	X
Comprobar el estado de los cilindros de dirección		X	X	X
Limpiar rejilla de aceite de la dirección piloto			X	X
FRENOS				
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite		X	X	X
Comprobar acumulador de freno	X	X	X	X
Comprobar frenos	X	X	X	X
Comprobar frenos de estacionamiento	X	X	X	X
Comprobar discos de freno				X
Comprobar indicador de desgaste de freno de servicio				X
CHASIS				
Evaluar juego de pines de castillo			X	X
Evaluar juego de pines articulación central			X	X
Lubricación y engrase	X	X	X	X
Engrasar accesorios de engrase del cucharón	X	X	X	X
MATERIAL RODANTE				
Comprobación de inflado de neumáticos	X	X	X	X
Comprobar altura de cocada	X	X	X	X

Tabla 26: Plan de mantenimiento preventivo del cargador frontal, Komatsu WA180-3 (elaboración propia)

Plan de mantenimiento de excavadora hidráulica Case CX350B

SISTEMA	TIPO DE MANTENIMIENTO			
	MP1 250	MP2 500	MP3 1000	MP4 2000
MOTOR				
Encender el motor durante 5 minutos para una inspección sensorial.	X	X	X	X
Cambiar aceite de motor	X	X	X	X
Cambiar el filtro de aceite de motor	X	X	X	X
Cambiar el Filtro Separador de Agua		X	X	X
Cambiar el Filtro Secundario de Combustible		X	X	X
Limpiar alojamiento y filtro de aire de motor	X			
Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible	X	X	X	X
Limpiar alojamiento y cambiar filtros de aire de motor		X	X	X
Limpiar el Respiradero del Motor		X	X	X
Cebat sistema de combustible		X	X	X
Usar limpiador del sistema de combustible			X	X
Comprobar tensiones de las fajas de motor	X	X	X	X
Limpiar condensador de refrigerante	X	X	X	X
Cambiar refrigerante de motor				X
Lavado del sistema de refrigeración del motor				X
Limpiar la Tapa del Radiador				X
Comprobar juego de válvulas del motor				X
Comprobar Juego Axial del Turbo				X
Calentamiento y prueba	X	X	X	X
CABINA				
Limpiar el Filtro de Aire de la Cabina	X	X	X	X
Cambiar filtros de aire			X	X
Reemplazar filtro (de recirculación) del aire acondicionado			X	X
Cambiar cinturón de seguridad				X
Comprobar Estructura ROP				X
TRANSMISIÓN				
Verificar niveles de aceite	X	X	X	X
Cambiar aceite del reductor de giro			X	X
Cambiar aceite de los mando finales			X	X
HIDRÁULICO				
Aliviar presiones del sistema hidráulico			X	X
Cambiar aceite hidráulico				X
Cambiar el Filtro Hidráulico			X	X
Cambiar el Filtro Hidráulico de Drenaje			X	X
Cambiar el Filtro Hidráulico de Pilotaje			X	X
Limpiar rejilla del tanque hidráulico				X
Cambiar sello anular de cubierta de tanque hidráulico				X
ELÉCTRICO				
Comprobar Ajuste de Sujetadores de Batería			X	X
Revisar fusibles	X	X	X	X
Comprobar estado de cables de baterías	X	X	X	X
Comprobar alarma de desplazamiento	X	X	X	X
Limpiar Baterías	X	X	X	X
CHASIS				

Limpiar Tapa del Tanque de Combustible		X	X	X
Cambiar sello de tapa de tanque de combustible		X	X	X
Comprobar varillaje del cucharón	X	X	X	X
Comprobar Estado del Cucharón			X	X
Inspeccionar puntas del cucharón	X	X	X	X
Comprobar H del Cucharón				X
Comprobar el Juego del Cucharón. Ajustar si es Necesario			X	X
Cambiar Grasa del engranaje de rotación				X
Lubricar	X	X	X	X
MATERIAL RODANTE				
Comprobar Tensión de Cadena. Reajustar si es Necesario	X	X	X	X
Comprobar Medidas de Carrilería. Medir Componentes	X	X	X	X

Tabla 27: Plan de mantenimiento preventivo de la excavadora Case CX350B (elaboración propia.)

Plan de mantenimiento de los tractores oruga Caterpillar D6TXL y D7G

SISTEMA	TIPO DE MANTENIMIENTO			
	MP1 250	MP2 500	MP3 1000	MP4 2000
MOTOR				
Encender el motor durante 5 minutos para una inspección sensorial.	X	X	X	X
Evaluar el cilindro del auxiliar de arranque con éter	X	X	X	X
Cambiar el aceite de motor	X	X	X	X
Cambiar el filtro de aceite de motor	X	X	X	X
Cambiar el Filtro Primario de Combustible		X	X	X
Cambiar el Filtro Secundario de Combustible		X	X	X
Cabar sistema de Combustible	X	X	X	X
Revisar el elemento de aire primario o secundario del filtro de aire de la máquina (Limpiar y/o Cambiar)	X	X	X	X
Revisar y limpiar la tapa de presión del radiador	X	X	X	X
Comprobar el nivel de refrigerante del sistema de enfriamiento	X	X	X	X
Drenar el agua y los sedimentos del tanque de combustible	X	X	X	X
Inspeccionar las correas del motor	X	X	X	X
Revisar el Respiradero de Carter de Motor	X	X	X	X
Inspeccionar los calces de montaje del motor y la barra estabilizadora				X
Inspeccionar la junta del pasador protector del radiador				X
Comprobar y/o Ajustar la luz de las válvulas de motor				X
Comprobar y/o cambiar el refrigerante de motor				X
Comprobar juego de válvulas del motor				X
Calentamiento y prueba				X
CABINA				

Reemplazar el filtro de cabina (Aire Fresco)		X	X	X
Limpiar de los núcleos del enfriador y condensador AA	X	X	X	X
Cambiar el cinturón de seguridad				X
TRANSMISIÓN				
Cambiar el aceite del Sistema de Transmisión			X	X
Limpiar el respiradero de transmisión			X	X
Cambiar el filtro de aceite de transmisión		X	X	X
Comprobar la posición de la rueda loca delantera	X	X	X	X
Comprobar el nivel del aceite del eje pivote	X	X	X	X
Comprobar el nivel de aceite del sistema de transmisión	X	X	X	X
Comprobar el nivel de aceite de los mandos finales	X	X	X	X
Comprobar el nivel del aceite del compartimiento del resorte tensor		X	X	X
Cambiar el aceite de los mandos finales				X
Reemplazar el empaque del protector de sello del mando final				X
Inspeccionar el bastidor de los rodillos inferiores				X
Inspeccionar las guías del bastidor de los rodillos inferiores				X
HIDRÁULICO				
Cambiar el aceite del sistema hidráulico				X
Cambiar el filtro de aceite del sistema hidráulico		X	X	X
Limpiar las rejillas de los filtros del sistema hidráulico	X	X	X	X
Inspeccionar el protector del vástago y punta de desgarrador	X	X	X	X
Comprobar el nivel del aceite del sistema hidráulico	X	X	X	X
Lubricar el tirante de Inclinación y Cilindros de inclinación de la hoja topadora	X	X	X	X
ELÉCTRICO				
Revisar los fusibles	X	X	X	X
Reemplazar las lámparas de descarga de alta intensidad (HID)	X	X	X	X
Revisar la alarma de retroceso	X	X	X	X
Revisar el sistema de retroceso	X	X	X	X
Revisar la bocina	X	X	X	X
Revisar el estado de los indicadores y medidores	X	X	X	X
Inspeccionar Baterías	X	X	X	X
CHASIS				
Limpiar el protector inferior (Hidráulico)	X	X	X	X
Chequear el estado de las cuchillas y cantoneras	X	X	X	X
Medir el pasador central de la barra compensadora	X	X	X	X
Chequear el cable de alambre de acero del cabrestante	X	X	X	X
Inspeccionar alrededor de la máquina (Reportar daños)	X	X	X	X
Lubricar los cojinetes de los cilindros de levantamiento	X	X	X	X
Lubricar el varillaje y cojinetes del cilindro del desgarrador	X	X	X	X
Inspeccionar los pasadores de cadena	X	X	X	X
Comprobar el nivel de aceite de los pasadores de extremo de la barra compensadora	X	X	X	X
Comprobar el ajuste de la cadena	X	X	X	X
Lubricar los rodillos del cable del cabrestante	X	X	X	X

Inspeccionar las estructuras de protección contra vuelcos (ROPS)	X	X	X	X
MATERIAL RODANTE				
Comprobar Tensión de Cadena. Reajustar si es Necesario	X	X	X	X
Comprobar Medidas de Carrilería. Medir Componentes	X	X	X	X

Tabla 28: Plan de mantenimiento preventivo de los tractores oruga Caterpillar D6TXL y D7G (elaboración propia).

Plan de mantenimiento de la retroexcavadora Case 580SN

SISTEMA	TIPO DE MANTENIMIENTO			
	MP1 250	MP2 500	MP3 1000	MP4 2000
MOTOR				
Encender el motor durante 5 minutos para una inspección sensorial.	X	X	X	X
Cambiar aceite de motor	X	X	X	X
Cambiar filtro de aceite del motor	X	X	X	X
Drenar el agua del separador de agua (Filtro primario)	X	X	X	X
Cambiar filtro primario de combustible		X	X	X
Cambiar filtro secundario de combustible		X	X	X
Limpiar filtro de aire primario y secundario del motor	X			
Cambiar filtro de aire primario y secundario del motor.		X	X	X
Limpiar respiradero de cárter de motor		X	X	X
Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible.	X	X	X	X
Limpiar tapa colador del tanque de combustible.		X	X	X
Cebiar el sistema de combustible.	X	X	X	X
Cambiar refrigerante de motor				X
Lavado del sistema de refrigeración				X
Calibrar juego de válvulas del motor				X
Calentado y prueba	X	X	X	X
CABINA				
Limpiar filtros de aire de cabina	X	X		
Cambiar filtros de aire de cabina			X	X
Cambiar cinturón de seguridad				X
Comprobar estado de la estructura ROPS			X	X
TRANSMISIÓN				
Cambiar aceite de transmisión			X	X
Cambiar filtro de aceite de transmisión			X	X
Limpiar zona de tapón de llenado de aceite de transmisión		X	X	X
Limpiar zona del tapón del diferencial y mandos finales posterior y delantero		X	X	X
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite del sistema de transmisión	X	X	X	X
Cambiar aceite del diferencial y mandos finales posterior y delantero			X	X
Evaluación de ejes cardánicos				X

HIDRÁULICO				
Cambiar el aceite hidráulico			X	X
Cambiar filtro de aceite del sistema hidráulico			X	X
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite	X	X	X	X
Limpiar rejilla de drenaje de la caja (Colador) (Bomba de la dirección, bomba del ventilador hidráulico, Motor)			X	X
Cambiar respiradero de tanque hidráulico			X	X
Limpiar Válvula de alivio de tanque hidráulico y llenar aceite				X
ELÉCTRICO				
Limpiar y Comprobar estado de cables de baterías. Cambiar si fuera necesario	X	X	X	X
Inspeccionar faja del alternador	X	X	X	X
Verificar ajuste de sujetador de baterías. Ajuste si es necesario				X
Probar alarma de retroceso	X	X	X	X
DIRECCIÓN				
Aliviar presiones del sistema de dirección y frenos			X	X
Comprobar el juego de la columna de dirección		X	X	X
Comprobar el estado de los cilindros de dirección		X	X	X
Limpiar rejilla de aceite de la dirección piloto			X	X
FRENOS				
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite		X	X	X
Comprobar frenos	X	X	X	X
Comprobar frenos de estacionamiento	X	X	X	X
Comprobar indicador de desgaste de freno de servicio				X
CHASIS				
Lubricación	X	X	X	X
Engrasar accesorios de engrase del cucharón	X	X	X	X
Engrasar accesorios de engrase de retroexcavadora	X	X	X	X
MATERIAL RODANTE				
Comprobación de inflado de neumáticos	X	X	X	X
Comprobar altura de cocada	X	X	X	X

Tabla 29: Plan de mantenimiento preventivo de la retroexcavadora Case 580SN (elaboración propia).

Plan de mantenimiento para la motoniveladora Komatsu GD-555-5

SISTEMA	TIPO DE MANTENIMIENTO			
	MP1 250	MP2 500	MP3 1000	MP4 2000
MOTOR				
Encender el motor durante 5 minutos para una inspección sensorial.	X	X	X	X
Cambiar aceite de motor	X	X	X	X
Cambiar filtro de aceite del motor	X	X	X	X
Cambiar filtro primario de combustible		X	X	X
Cambiar filtro secundario de combustible			X	X
Limpiar filtro de aire primario y secundario del motor	X			
Cambiar filtro de aire primario y secundario del motor.		X	X	X
Limpiar e inspeccionar las aletas del radiador, aletas del enfriador de aceite y las aletas del condensador	X	X	X	X
Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible.			X	X
Limpiar tapa colador del tanque de combustible.		X	X	X
Cabar el sistema de combustible.	X	X	X	X
Cambiar refrigerante de motor				X
Lavado del sistema de refrigeración				X
Calibrar juego de válvulas del motor				X
Calentado y prueba	X	X	X	X
CABINA				
Limpiar filtros de aire de cabina	X	X		
Cambiar filtros de aire de cabina			X	X
Cambiar cinturón de seguridad				X
Comprobar estado de la estructura ROPS			X	X
TRANSMISIÓN				
Cambiar aceite de transmisión			X	X
Cambiar filtro de aceite de transmisión			X	X
Limpiar zona del tapón del diferencial y mandos finales posterior y delantero		X	X	X
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite del sistema de transmisión	X	X	X	X
Cambiar aceite del diferencial y mandos finales posterior y delantero			X	X
Limpiar colador de la caja de transmisión.			X	X
Limpiar respiradero de la transmisión			X	X
HIDRÁULICO				
Cambiar el aceite hidráulico				X
Cambiar filtro de aceite del sistema hidráulico.			X	X
Aliviar presiones del sistema hidráulico			X	X
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite	X	X	X	X
Cambio de aceite de la caja motriz tandem				X
ELÉCTRICO				
Limpiar y Comprobar estado de cables de baterías. Cambiar si fuera necesario	X	X	X	X
Comprobar la tensión en la faja del alternador	X	X	X	X
Verificar ajuste de sujetador de baterías. Ajuste si es necesario				X

Probar alarma de retroceso	X	X	X	X
Cambiar faja de alternador				
FRENOS				
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite		X	X	X
Comprobar acumulador de freno	X	X	X	X
Comprobar frenos	X	X	X	X
Comprobar frenos de estacionamiento	X	X	X	X
Comprobar discos de freno				X
Comprobar indicador de desgaste de freno de servicio				X
CHASIS				
Revisar los juegos de la barra de tiro			X	X
Revisar la holgura de la guía del círculo		X	X	X
Evaluar juego de pines articulación central			X	X
Lubricación	X	X	X	X
Engrasar accesorios de engrase de la hoja vertedera	X	X	X	X
MATERIAL RODANTE				
Comprobación de inflado de neumáticos	X	X	X	X
Comprobar altura de cocada	X	X	X	X

Tabla 30: Plan de mantenimiento preventivo de la motoniveladora Komatsu GD-555-5

Plan de mantenimiento del rodillo Dynapac CA-250-B

SISTEMA	TIPO DE MANTENIMIENTO			
	MP1 250	MP2 500	MP3 1000	MP4 2000
MOTOR				
Encender el motor durante 5 minutos para una inspección sensorial.	X	X	X	X
Cambiar aceite de motor	X	X	X	X
Cambiar filtro de aceite del motor	X	X	X	X
Cambiar filtro secundario de combustible		X	X	X
Limpiar filtro de aire primario y secundario	X			
Cambiar filtro de aire primario y secundario del motor.		X	X	X
Limpiar los enfriadores de aceite hidráulico, agua y aire.	X	X	X	X
Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible.		X	X	X
Cebador el sistema de combustible.	X	X	X	X
Cambiar refrigerante de motor				X
Lavado del sistema de refrigeración				X
Calibrar juego de válvulas del motor			X	X
Calentado y prueba	X	X	X	X
CABINA				
Limpiar filtros de aire de cabina	X	X		
Cambiar filtros de aire de cabina			X	X
Cambiar cinturón de seguridad				X
Comprobar estado de la estructura ROPS			X	X
TRANSMISION				
Cambiar aceite en la caja de cambios y casete del rodillo				X
Lubricar la palanca de marcha adelante/atrás				X

Limpiar zona del tapón del diferencial y mandos finales posterior y delantero		X	X	X
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite del sistema de transmisión	X	X	X	X
Cambiar aceite del diferencial y mandos finales posterior			X	X
HIDRÁULICO				
Cambiar el aceite hidráulico				X
Cambiar filtro de aceite del sistema hidráulico			X	X
Aliviar presiones del sistema hidráulico			X	X
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite	X	X	X	X
Limpiar rejilla de drenaje de la caja (Colador) (Bomba de la dirección, bomba del ventilador hidráulico, Motor)			X	X
Cambiar respiradero de tanque hidráulico			X	X
Limpiar Válvula de alivio de tanque hidráulico y llenar aceite				X
ELÉCTRICO				
Limpiar y Comprobar estado de cables de baterías. Cambiar si fuera necesario	X	X	X	X
Verificar ajuste de sujetador de baterías. Ajuste si es necesario				X
Verificar tensión en la faja del alternados	X	X	X	X
Probar alarma de retroceso	X	X	X	X
FRENOS				
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite		X	X	X
Comprobar frenos	X	X	X	X
Comprobar frenos de estacionamiento	X	X	X	X
CHASIS				
Lubricación	X	X	X	X
Verificar el ajuste de los rascadores	X	X	X	X
MATERIAL RODANTE				
Comprobación de inflado de neumáticos	X	X	X	X
Comprobar altura de cocada	X	X	X	X

Tabla 31: Plan de mantenimiento preventivo del rodillo Dynapac CA-250-B (elaboración propia).

Plan de mantenimiento para los volquetes Man TGS WW40.480BB

SISTEMA	TIPO DE MANTENIMIENTO			
MOTOR	MP1 500	MP2 1000	MP3 2000	MP4 4000
Encender el motor durante 5 minutos para una inspección sensorial.	X	X	X	X
cambiar aceite de motor	X	X	X	X
reemplazar el filtro de aceite del motor	X	X	X	X
Separador de agua del sistema combustible: drenar en caso hubiera agua o el indicador en panel este encendido.	X	X	X	X
Reemplazar el filtro de combustible		X	X	X
Reemplazar el filtro separador de agua		X	X	X
Tanque de combustible: drenar agua y sedimentos del tanque de combustible. limpiar la tapa del tanque.	X	X	X	X
reemplazo de filtro de aire del tanque de combustible				X
Filtro de aire primario: revisar si el indicador en el tablero se enciende, de ser así cambiar filtro primario.	X			
Reemplazar el filtro de aire primario		X	X	X
Filtro de aire secundario: revisar si el indicador en el tablero esta encendido después de cambiar el filtro primario, de ser así cambiarlo.	X	X	X	X
Reemplazar el filtro de aire secundario			X	X
Tanque de refrigerante: revisar nivel, agregar si es necesario. comprobar que tapas de llenado de presión estén firmemente apretados.	X	X	X	X
Depósito de limpiaparabrisas: verificar nivel, agregar si es necesario.	X	X	X	X
Núcleo de radiador: verificar estado de suciedad. limpiar de ser necesario con aire comprimido.	X	X	X	X
Cambiar el refrigerante anticorrosivo			X	X
turbocompresor: verificar estado, ruidos y vibraciones anormales.	X	X	X	X
Motor: prueba de funcionamiento, sonidos, fugas, vibración y humos.	X	X	X	X
CABINA				
Verificar estado de suciedad de interior de cabina. limpiar de ser necesario.	X	X	X	X
Luces de indicación y advertencia de tablero: verificar que enciendan.	X	X	X	X
Luces y faros: verificar luces interiores de cabina y exteriores del equipo.	X	X	X	X
Instrumentos: verificar buen estado y sin ralladuras.	X	X	X	X
Mandos: verificar buen estado, deben moverse sin problemas.	X	X	X	X
No deben haber averías activas en el display el ordenador a bordo.	X	X	X	X
Cambiar el filtro de cabina			X	X

Bomba hidráulica de bascula miento de la cabina: revisar nivel de aceite con la cabina en posición de conducción. cambiar si se repara	X	X	X	X
Limpiaparabrisas: verificar estado y funcionamiento	X	X	X	X
TRANSMISIÓN				
Caja de cambios: verificar que no existan fugas de aire y aceite.	X	X	X	X
Cambiar el aceite de caja de cambios		X	X	X
Cambiar el filtro de aceite de caja de cambios		X	X	X
Embrague: verificar el nivel de líquido, agregar de ser necesario.	X	X	X	X
Eje cardan: revisar estado y que no existan fugas en crucetas y yugos.	X	X	X	X
Eje trasero: verificar que no existan fugas de aire y aceite.	X	X	X	X
Cambiar de aceite del eje posterior			X	X
HIDRÁULICO				
Tanque hidráulico de tolva: revisar si tienes fugas o rajaduras. revisar nivel de aceite, rellenar de ser necesario.	X	X	X	X
cambiar filtro hidráulico			X	X
Cambiar filtro de aire del sistema hidráulico de levante de tolva				X
Cambiar el aceite del sistema hidráulico				X
Limpiar alrededor de tapa-filtro para evitar que la suciedad ingrese al tanque.	X	X	X	X
Cilindro de levante de tolva: verificar no existencia de fugas.	X	X	X	X
Mangueras hidráulicas: verificar si existen fugas o daños a las mangueras de succión, presión y retorno.	X	X	X	X
Mangueras neumáticas: verificar si existen fugas o daños a las mangueras de comando y fin de curso.	X	X	X	X
Toma de fuerza bomba: revisar estado y fugas.	X	X	X	X
ELÉCTRICO				
Baterías: revisar estado de bornes, cables, nivel de electrolito.	X	X	X	X
Verificar tensión correas del alternador.	X	X	X	X
Tablero eléctrico de cabina: verificar lectura correcta de parámetros del tablero eléctrico.	X	X	X	X
Luces: comprobar si funcionan correctamente	X	X	X	X
Claxon: comprobar sonido que pueda escucharse con motor encendido.	X	X	X	X
Alarma de retroceso: verificar funcionamiento correcto.	X	X	X	X
DIRECCIÓN				
Tanque de aceite de dirección: verificar nivel de aceite, agregar de ser necesario.	X	X	X	X

Verificar y/o ajustar conexiones, barra, acoples guardas y otros.	X	X	X	X
Cambiar el aceite de dirección			X	X
Cambiar el filtro de dirección			X	X
FRENOS				
Cambiar el filtro secador de aire			X	X
Revisar si existen fugas de aire	X	X	X	X
Inspeccionar cañerías /mangueras de aire precintos y/o cintillos de amarre	X	X	X	X
Tanques de aire: purgar aceite o agua condensada en tanques, no debe haber aceite o agua de condensación.	X	X	X	X
La presión de frenado debe ser satisfactoria.	X	X	X	X
Cambiar el líquido de frenos				X
Sistema de frenos (de servicio y de estacionamiento): verificar con el motor en marcha su buen funcionamiento.	X	X	X	X
CHASIS				
Chasis: verificar existencia de fisuras y/o abolladuras.	X	X	X	X
Muelles y amortiguadores: revisar estado de paquetes de muelles y amortiguadores. reparar de ser necesario.	X	X	X	X
Dispositivo de remolque: verificar que se encuentre en buen estado.	X	X	X	X
Guardabarros: verificar desgaste y que las abrazaderas no estén dañadas	X	X	X	X
MATERIAL RODANTE				
Neumáticos: revisar que no existan piedras entre ellos. revisar presión de aire de neumáticos.	X	X	X	X
Realizar la medición de la banda de rodamiento	X	X	X	X
Pernos y tuercas: revisar estado y ajuste de tuercas y pernos.	X	X	X	X
Aro: revisar existencia de fisura y/o abolladuras	X	X	X	X
Inspeccionar retenes de ruedas posteriores(verificar fugas de aceite)	X	X	X	X
ESTRUCTURA DE LA TOLVA				
Tolva: inspeccionar visualmente si existe alguna abolladura o fisura existente.	X	X	X	X
Compuerta: revisar marco, forro y placas de sacrificio.	X	X	X	X
Vástago de limitador neumático del cilindro: revisar estado de suciedad y limpiar en caso sea necesario.	X	X	X	X
Mecanismo de cierre: revisar ganchos, barra tensora, pines, cadenas y topes.	X	X	X	X
Pines y bocinas: revisar pines y bocinas de cilindro hidráulico y cajón de tolva	X	X	X	X
porta neumático: revisar cable y manivela.	X	X	X	X

Tabla 32: Plan de Mantenimiento preventivo de los volquetes Man TGS WW40.480BB (elaboración propia).

Tiempos de mantenimiento preventivo

A continuación, se muestra el tiempo aproximado que llevara realizar cada actividad al técnico mecánico. Los tiempos están determinados en minutos.

SISTEMA	TIPO DE MANTENIMIENTO			
	MP1 250	MP2 500	MP3 1000	MP4 2000
MOTOR				
Encender el motor durante 5 minutos para una inspección sensorial.	5	5	5	5
Cambiar aceite de motor	20	20	20	20
Cambiar filtro de aceite del motor	6	6	6	6
Drenar el agua del separador de agua (Filtro primario)	5	5	5	5
Cambiar filtro primario de combustible		5	5	5
Cambiar filtro secundario de combustible		5	5	5
Limpiar filtro de aire primario y secundario del motor	10			
Cambiar filtro de aire primario y secundario del motor		10	10	10
Limpiar respiradero del cárter de motor		15	15	15
Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible.		5	5	5
Limpiar tapa colador del tanque de combustible.		5		5
Cabar el sistema de combustible.		5	5	5
Cambiar refrigerante del motor				20
Lavado del sistema de refrigeración				60
Aliviar presiones del refrigerante del motor				5
Reemplazar secador de aire acondicionado				20
Calibrar juego de válvulas del motor				60
Revisar las piezas del turbo alimentador			5	5
Revisar el juego del rotor del turbo alimentador			5	5
Calentado y prueba	10	10	10	10
CABINA				
Limpiar filtros de aire de cabina	15	15		
Cambiar cinturón de seguridad			15	15
Comprobar estado de la estructura ROPS			15	15
TRANSMISIÓN				
Cambiar aceite de transmisión			20	20
Cambiar filtro de aceite de transmisión		10	10	10
Limpiar zona de tapón de llenado de aceite de transmisión		5	5	5
Limpiar zona del tapón del diferencial y mandos finales posterior y delantero		5	5	5
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite del sistema de transmisión	15	15	15	15
Cambiar aceite del diferencial y mandos finales posterior y delantero				30
Comprobar limallas del filtro magnético del eje delantero y posterior				20
Limpiar rejilla magnética y cambiar sello			15	15
Evaluación de ejes cardánicos				10
HIDRÁULICO				

Cambiar el aceite hidráulico				45
Cambiar filtro de aceite del sistema hidráulico			10	10
Aliviar presiones del sistema hidráulico		5	5	5
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite	10	10	10	10
Limpiar rejilla de drenaje de la caja (Colador) (Bomba de la dirección, bomba del ventilador hidráulico, Motor)			30	30
Limpiar Válvula de alivio de tanque hidráulico.				15
ELECTRICO				
Limpiar y Comprobar estado de cables de baterías. Cambiar si fuera necesario	5	5	5	5
Comprobar tensión de faja del alternador	5	5	5	5
Verificar ajuste de sujetador de baterías. Ajuste si es necesario				5
Rearmar disyuntores	5	5	5	5
Inspeccionar/reemplazar disyuntores	5	5	5	5
Probar alarma de retroceso	2	2	2	2
DIRECCIÓN				
Aliviar presiones del sistema de dirección y frenos			5	5
Comprobar el juego de la columna de dirección		5	5	5
Comprobar el estado de los cilindros de dirección		10	10	10
Limpiar rejilla de aceite de la dirección piloto			20	20
FRENOS				
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas.		10	10	10
Comprobar acumulador de freno	5	5	5	5
Comprobar frenos	5	5	5	5
Comprobar frenos de estacionamiento	5	5	5	5
Comprobar discos de freno				120
Comprobar indicador de desgaste de freno de servicio				60
CHASIS				
Evaluar juego de pines de castillo			20	20
Evaluar juego de pines articulación central			20	20
Lubricación	30	30	30	30
Engrasar accesorios de engrase del cucharón	15	15	15	15
Engrasar juntas de deslizamientos del eje de transmisión	10	10	10	10
MATERIAL RODANTE				
Comprobación de inflado de neumáticos/ estado de cadenas	5	5	5	5
Comprobar altura de cocada/ tensión de cadena	10	10	10	10

Tabla 33: Tiempos de mantenimiento preventivo (Elaboración propia).

En resumen, el mantenimiento preventivo MP1 se realiza en un tiempo de 4 horas, el MP2 en 5 horas, el MP3 en 8 horas y el MP4 en 15 horas.

Proyección del tiempo de mantenimiento preventivo para el año 2018 en horas para cada mes

Nº	MAQUINARIA	MODELO	dic	Ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep.	oct	nov	dic
1	Tractor oruga	D6TXL	4				5				4				8
2	Tractor oruga	D7G		4						5					
3	Retroexcavadora	580SN	5				4				8				
4	Excavadora	CX350B			8			4				5			4
5	Cargador frontal	821F		5		4			8		4			5	
6	Cargador frontal	WA180-3		15					4					5	
7	Motoniveladora	GD-555-5	4						15						4
8	Rodillo	CA-250-B					8						4		
9	Volquete (EG0-711)	TGS WW40.480BB			4						15				
10	Volquete (EGQ-489)	TGS WW40.480BB	5						4						
TOTAL			18	24	12	4	17	4	31	5	31	5	4	10	16

Tabla 34: Horas de mantenimiento por cada mes (Elaboración propia)

Cronograma de mantenimiento preventivo tentativo para el año 2018

Se realizará una programación del mantenimiento preventivo para un año considerando la lectura actual del horómetro de cada unidad, teniendo como referencia el promedio de horas requeridas de cada unidad en un mes (H.M) Con esta programación de mantenimiento preventivo se garantiza una disponibilidad y conservación de las unidades.

N°	Maquinaria	Modelo	H.M	Horómetro	Dic.	Ene	Feb	Mar.	Abr	May	Jun	Jul.	Ago	Set	Oct.	Nov	Dic.
1	Tractor oruga	D6TXL	60	2246	2250 MP1				2500 MP2				2750 MP1				3000 MP3
2	Tractor oruga	D7G	40	7180		7250 MP1						7500 MP2					
3	Retroexcavadora	580SN	60	2452	2500 MP2				2750 MP1				3000 MP3				
4	Excavadora	CX350B	70	2850			3000 MP3			3250 MP1				3500 MP2			3750 MP1
5	Cargador frontal	821F	100	4384		4500 MP2		4750 MP1			5000 MP3		5250 MP1			5500 MP2	
6	Cargador frontal	WA180-3	50	7926		8000 MP4					8250 MP1					8500 MP2	
7	Motoniveladora	GD-555-5	40	1748	MP1 1750						2000 MP4						2250 MP1
8	Rodillo	CA-250-B	21	815									1000 MP3				
9	Volquete	TGS WW40.4 80BB	75	3252			3500 MP1							4000 MP4			
10	Volquete	TGS WW40.4 80BB	75	2986	3000 MP2						3500 MP1						

Tabla 35: Programa de mantenimiento preventivo tentativo para el año 2018 (elaboración propia)

Cronograma de mantenimiento preventivo tentativo para el año 2019

Se realizará una programación del mantenimiento preventivo para un año considerando la lectura actual del horómetro de cada unidad, teniendo como referencia el promedio de horas que trabaja cada unidad en un mes (H.M) Con esta programación de mantenimiento preventivo se garantiza una disponibilidad y conservación de las unidades.

N. °	Maquinaria	Modelo	H.M	Horómetro	Ene	Feb	Mar.	Abr	May	Jun	Jul.	Ago	Set	Oct.	Nov	Dic.
1	Tractor oruga	D6TXL	60	3026				3250 MP1				3500 MP2				3750 MP1
2	Tractor oruga	D7G	40	7700		7750 MP1						8000 MP4				
3	Retroexcavadora	580SN	60	3232	3250 MP1				3500 MP2				3750 MP3			
4	Excavadora	CX350B	70	3760				4000 MP4			4250 MP1				4500 MP2	
5	Cargador frontal	821F	100	5684	5750 MP1			6000 MP4		6250 MP1			6500 MP2		6750 MP1	
6	Cargador frontal	WA180-3	50	8576				8750 MP1					9000 MP3			
7	Motoniveladora	GD-555-5	40	2268						2500 MP3						2750 MP1
8	Rodillo	CA-250-B	21	1088								1250 MP1				
9	Volquete	TGS WW40.4 80BB	75	4227				4500 MP1					5000 MP2			
10	Volquete	TGS WW40.4 80BB	75	4036	4000 MP4							4500 MP1				

Tabla 36: Programa de mantenimiento preventivo tentativo para el año 2019 (elaboración propia)

Cronograma de mantenimiento preventivo tentativo para el año 2020

Se realizará una programación del mantenimiento preventivo para un año considerando la lectura actual del horómetro de cada unidad, teniendo como referencia el promedio de horas que trabaja cada unidad en un mes (H.M) Con esta programación de mantenimiento preventivo se garantiza una disponibilidad y conservación de las unidades.

N. °	Maquinaria	Modelo	H.M	Horómetro	Ene	Feb	Mar.	Abr	May	Jun	Jul.	Ago	Set	Oct.	Nov	Dic.
1	Tractor oruga	D6TXL	60	3746					4000 MP4				4250 MP1			
2	Tractor oruga	D7G	40	8180		8250 MP1						8500 MP2				
3	Retroexcavadora	580SN	60	3952	4000 MP4				4250 MP1					4500 MP2		
4	Excavadora	CX350B	70	4600			4750 MP1			5000 MP3				5250 MP1		
5	Cargador frontal	821F	100	6884		7000 MP3		7250 MP1			7500 MP2		7750 MP1			8000 MP4
6	Cargador frontal	WA180-3	50	9176		9250 MP1					9500 MP2					9750 MP1
7	Motoniveladora	GD-555-5	40	2748							3000 MP3					
8	Rodillo	CA-250-B	21	1340								1500 MP2				
9	Volquete	TGS WW40.4 80BB	75	5127					5500 MP1							6000 MP3
10	Volquete	TGS WW40.4 80BB	75	4861		5000 MP2							5500 MP1			

Tabla 37: Programa de mantenimiento preventivo tentativo para el año 2020 (elaboración propia)

Costo de los repuestos utilizados en los mantenimientos

N°	Maquinaria	Modelo	Aceite				Filtro							
			Motor X gal	Transmisión X gal	Hidráulico x gal	Mandos finales x gal	Aceite	Aire primario	Aire secundario	Combustible primario	Combustible secundario	hidráulico	Transmisión	Refrigerante
1	Tractor oruga	D6TXL	57.00	130.00	55.00	120.00	230.00	358.00	269.00	132.00	227.00	220.00	300.00	45.00
2	Tractor oruga	D7G	57.00	130.00	55.00	120.00	98.00	285.00	215.00	108.00	185.00	170.00	260.00	45.00
3	Retroexcavadora	580SN	79.00	115.00	79.00	114.00	187.00	230.00	175.00	205.00	275.00	410.00	350.00	45.00
4	Excavadora	CX350B	79.00	115.00	79.00	114.00	245.00	582.00	385.00	162.00	217.00	450.00	400.00	45.00
5	Cargador frontal	821F	79.00	115.00	79.00	114.00	135.00	389.00	272.00	168.00	220.00	614.00	313.00	45.00
6	Cargador frontal	WA180-3	66.00	142.00	60.00	130.00	120.00	230.00	180.00	120.00	180.00	350.00	220.00	45.00
7	Motoniveladora	GD-555-5	66.00	142.00	60.00	130.00	145.00	520.00	164.00	330.00	340.00	400.00	240.00	45.00
8	Rodillo	CA-250-B	59.00	110.00	60.00	130.00	185.00	285.00	225.00	320.00	285.00	290.00	-	45.00
9	Volquete (EG0-711)	TGS WW40.480 BB	213.00	120.00	70.00	70.00	167.00	602.00	602.00	226.00	160.00	185.00	190.00	45.00
10	Volquete (EGQ-489)	TGS WW40.480 BB	213.00	120.00	70.00	70.00	167.00	602.00	602.00	226.00	160.00	185.00	190.00	45.00

Tabla 38: Costos de los repuestos (Elaboración propia.)

A continuación, se muestra el costo para cada tipo de mantenimiento:

N°	Maquinaria	Modelo	MP1	MP2	MP3	MP4
1	Tractor oruga	D6TXL	S/. 600.40	S/. 1,806.40	S/. 7,189.07	S/. 10,197.99
2	Tractor oruga	D7G	S/. 782.20	S/. 1,745.20	S/. 8,667.62	S/. 12,302.62
3	Retroexcavadora	580SN	S/. 399.00	S/. 1,284.00	S/. 5,360.39	S/. 5,574.37
4	Excavadora	CX350B	S/. 1,038.00	S/. 2,384.00	S/. 4,682.15	S/. 8,690.96
5	Cargador frontal	821F	S/. 411.50	S/. 1,460.50	S/. 3,423.45	S/. 9,904.12
6	Cargador frontal	WA180-3	S/. 503.60	S/. 1,563.60	S/. 3,315.01	S/. 4,532.18
7	Motoniveladora	GD-555-5	S/. 580.90	S/. 1,594.90	S/. 4,846.78	S/. 6,410.02
8	Rodillo	CA-250-B	S/. 356.40	S/. 1,471.40	S/. 2,173.51	S/. 2,910.55
9	Volquete	TGS WW40.480BB	S/. 2,417.70	S/. 3,786.11	S/. 5,114.46	S/. 7,370.49
10	Volquete	TGS WW40.480BB	S/. 2,417.70	S/. 3,786.11	S/. 5,114.46	S/. 7,370.49

Tabla 39: Costo de los mantenimientos, elaboración propia

A continuación, se muestra el costo tentativo de mantenimiento preventivo para el año 2018:

N°	Maquinaria	Modelo	MP1	MP2	MP3	MP4
1	Tractor oruga	D6TXL	S/. 1,200.80	S/. 1,806.40	S/. 7,189.07	S/. 0.00
2	Tractor oruga	D7G	S/. 782.20	S/. 1,745.20	S/. 0.00	S/. 0.00
3	Retroexcavadora	580SN	S/. 399.00	S/. 1,284.00	S/. 5,360.39	S/. 0.00
4	Excavadora	CX350B	S/. 2,076.00	S/. 2,384.00	S/. 4,682.15	S/. 0.00
5	Cargador frontal	821F	S/. 823.00	S/. 2,921.00	S/. 3,423.45	S/. 0.00
6	Cargador frontal	WA180-3	S/. 503.60	S/. 1,563.60	S/. 0.00	S/. 4,532.18
7	Motoniveladora	GD-555-5	S/. 1,161.80	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 6,410.02
8	Rodillo	CA-250-B	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 2,173.51	S/. 0.00
9	Volquete	TGS WW40.480	S/. 2,417.70	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 7,370.49
10	Volquete	TGS WW40.480	S/. 2,417.70	S/. 3,786.11	S/. 0.00	S/. 0.00
	SUBTOTAL		S/. 11,781.80	S/. 15,490.31	S/. 22,828.56	S/. 18,312.68
	TOTAL 2018		S/ 68,413.35			

Tabla 40: Costo de mantenimiento preventivo para el año 2018

A continuación, se muestra el costo tentativo de mantenimiento preventivo para el año 2019:

N°	Maquinaria	Modelo	MP1	MP2	MP3	MP4
1	Tractor oruga	D6TXL	S/. 1,200.80	S/. 1,806.40	S/. 0.00	S/. 0.00
2	Tractor oruga	D7G	S/. 782.20	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 12,302.62
3	Retroexcavadora	580SN	S/. 399.00	S/. 1,284.00	S/. 5,360.39	S/. 0.00
4	Excavadora	CX350B	S/. 1,038.00	S/. 2,384.00	S/. 0.00	S/. 8,690.96
5	Cargador frontal	821F	S/. 1,234.50	S/. 1,460.50	S/. 0.00	S/. 9,904.12
6	Cargador frontal	WA180-3	S/. 503.60	S/. 0.00	S/. 3,315.01	S/. 0.00
7	Motoniveladora	GD-555-5	S/. 580.90	S/. 0.00	S/. 4,846.78	S/. 0.00
8	Rodillo	CA-250-B	S/. 356.40	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
9	Volquete	TGS WW40.480	S/. 2,417.70	S/. 3,786.11	S/. 0.00	S/. 0.00
10	Volquete	TGS WW40.480	S/. 2,417.70	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 7,370.49
	SUBTOTAL		S/. 10,930.80	S/. 10,721.01	S/. 13,522.17	S/. 38,268.19
	TOTAL 2019		S/. 73,442.17			

Tabla 41: Costo de mantenimiento preventivo año 2019, elaboración propia.

A continuación, se muestra el costo tentativo de mantenimiento preventivo para el año 2019:

N°	Maquinaria	Modelo	MP1	MP2	MP3	MP4
1	Tractor oruga	D6TXL	S/. 600.40	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 10,197.99
2	Tractor oruga	D7G	S/. 782.20	S/. 1,745.20	S/. 0.00	S/. 0.00
3	Retroexcavadora	580SN	S/. 399.00	S/. 1,284.00	S/. 0.00	S/. 5,574.37
4	Excavadora	CX350B	S/. 2,076.00	S/. 0.00	S/. 4,682.15	S/. 0.00
5	Cargador frontal	821F	S/. 823.00	S/. 1,460.50	S/. 3,423.45	S/. 9,904.12
6	Cargador frontal	WA180-3	S/. 1,007.20	S/. 1,563.60	S/. 0.00	S/. 0.00
7	Motoniveladora	GD-555-5	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 4,846.78	S/. 0.00
8	Rodillo	CA-250-B	S/. 0.00	S/. 1,471.40	S/. 0.00	S/. 0.00
9	Volquete	TGS WW40.480	S/. 2,417.70	S/. 0.00	S/. 5,114.46	S/. 0.00
10	Volquete	TGS WW40.480	S/. 2,417.70	S/. 3,786.11	S/. 0.00	S/. 0.00
	SUBTOTAL		S/. 10,523.20	S/. 11,310.81	S/. 18,066.83	S/. 25,676.47
	TOTAL 2020		S/. 65,577.32			

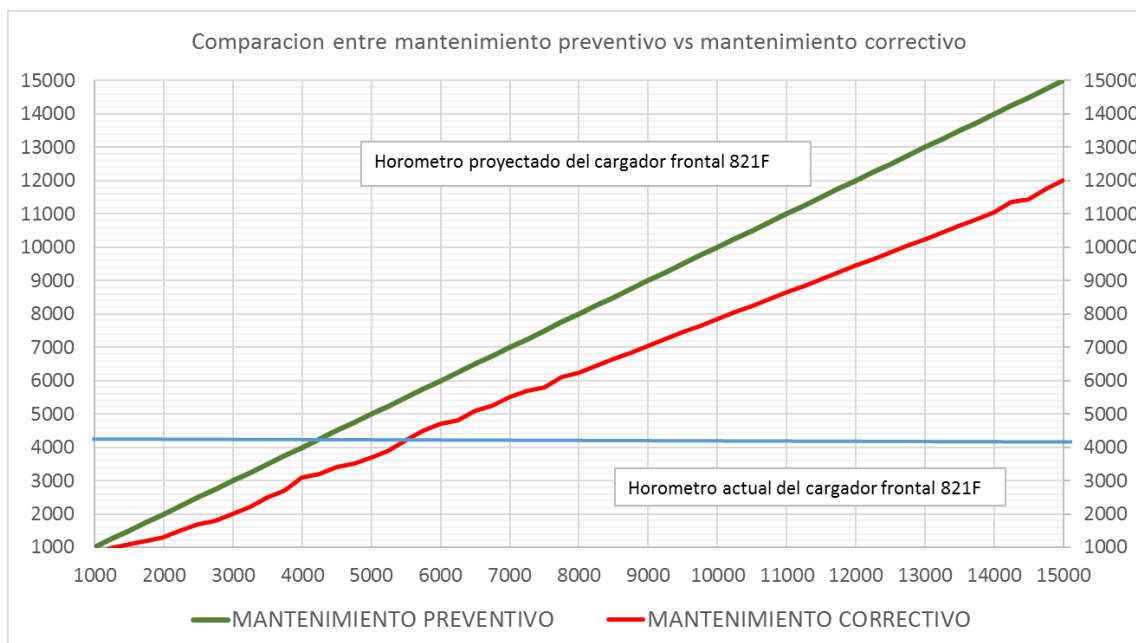
Tabla 42: Costo de mantenimiento preventivo año 2020, elaboración propia

Gráfico de comparación entre el mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo en la vida útil de la maquinaria pesada

Los fabricantes de maquinaria pesada indican que la vida útil de las unidades es de 15000 horas coincidiendo con Ballester y Capote (1992) (ver anexo 2). Con la implementación del plan de mantenimiento preventivo se realizarán las actividades de mantenimiento en las horas indicadas por el fabricante logrando alcanzar la vida útil, mientras que con el mantenimiento correctivo que se viene aplicando las actividades de mantenimiento se realizan antes de las horas indicadas. A continuación, se realiza la comparación entre el mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo en la unidad cargador frontal Case 821F.

HOROMETRO DE LA MAQUINA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	MANTENIMIENTO CORRECTIVO
250	250	250
500	500	500
750	750	750
1000	1000	800
1250	1250	1000
1500	1500	1100
1750	1750	1200
2000	2000	1300
2250	2250	1500
2500	2500	1700
2750	2750	1800
3000	3000	2000
3250	3250	2200
3500	3500	2500
3750	3750	2700
4000	4000	3100
4250	4250	3200
4500	4500	3400
4750	4750	3500
5000	5000	3700
5250	5250	3900
5500	5500	4200
5750	5750	4500

Tabla 43: Comparación entre el mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo para la unidad Case 821F, elaboración propia



Tarea 5 Confección de los formatos de control

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo tiene que estar de la mano de la creación de una base de datos, como son inventarios, historial de fallas, historial de mantenimiento, orden de trabajo, formato de control de combustible, etc. para cada unidad, todos estos datos tienen que ser correctamente llenados y almacenados, los cuales servirán para monitorear, inspeccionar y detectar fallas en la maquinaria de la municipalidad distrital de Curahuasi.

Formato de inspección de operarios

La primera acción de la implementación será implementar el formato de inspecciones diarias realizadas por los operarios de cada unidad, este formato consistirá en una inspección visual que lo realizará el operador antes de iniciar cualquier labor de trabajo, en este formato se registrará la lectura del horómetro, combustible, nivel de aceite, verificación del refrigerante, para constatar que todos los componentes se encuentren aptos para trabajar.

Formato de reporte de fallas

Este formato es utilizado una vez presentada la falla con el objetivo de determinar la causa de la falla y también hacer un historial de fallas de cada unidad que posteriormente nos permitirán predecir qué fallas pueden presentarse y evitarlas.

Formato de historial de mantenimientos

Este formato es utilizado para tener un registro de los mantenimientos preventivos y correctivos realizados, este formato es individual para cada unidad siendo de gran utilidad porque permitirá conocer los mantenimientos realizados a una maquina en su vida útil.

Formato de control de combustible

Este formato sirve para tener un control y registro del combustible consumido por una unidad en un periodo de tiempo determinado.

Orden de trabajo (O.T.)

La orden de trabajo es un formato de control importante para la implementación del plan de mantenimiento preventivo en la municipalidad distrital de Curahuasi, por lo que se debe establecer un procedimiento claro y sencillo para una adecuada utilización, el proceso de realización de las O.T. Debe ser exacto y veraz siendo esta información una herramienta necesaria para la detección de futuras fallas de los componentes dando la posibilidad de controlar y planificar y dar una retroalimentación en la solución de problemas. La orden de trabajo tiene el objetivo de registrar todos los datos respecto a la unidad:

- Numero de orden de trabajo
- Datos del vehículo
- Horómetro o kilometraje
- Tipo de mantenimiento
- Fecha y hora de ingreso

- Fecha y hora de salida
- Tareas a realizar
- Repuestos a utilizar
- Las herramientas necesarias, y equipos especiales.

Formato de check list de mantenimiento

Es un formato utilizado por los técnicos mecánicos al momento de realizar las actividades, la forma de llenado es mediante aspa al momento de terminar alguna actividad.



**MUNICIPALIDAD
DISTRITAL
DE CURAHUASI**

FORMATO DE INSPECCION DE UNIDADES

N° _____

EQUIPO	
SERIE	
HORÓMETRO	
FECHA	
OPERADOR	

Nivel de aceite de motor		Nivel liquido de freno	
Nivel de aceite hidráulico		Nivel de combustible	
Nivel de refrigerante			

ESTADO = BUENO 3, REGULAR 2, MALO 1			
SISTEMA O COMPONENTE	ESTADO	SISTEMA O COMPONENTE	ESTADO
Motor		Freno	
Radiador y ventilador		Eficiencia de frenado	
Correas y cadenas		Cañerías	
Mangueras		Fugas	
Fugas de combustible		Chasis	
Sistema de admisión		Cucharon, cantoneras y cuchillas.	
Filtros de aire		Pernos de cucharón	
Mangueras		Rodillo	
Sistema de lubricación		Sistema eléctrico	
Filtros		Faros	
Bomba de aceite		Batería	
Fugas de aceite		Eficiencia del arranque	
Sistema hidráulico		Elementos de seguridad	
Mangueras		Botiquín	
Filtros		Extintor.	
Tanque de fluidos		Neumáticos, cadenas	
Fugas		Espejos	
Tren de rodaje			
Eslabones, neumáticos			
OBSERVACIONES ADICIONALES:			

FIRMA DEL OPERARIO

Figura 28: Formato de inspección de unidades, elaboración propia



**MUNICIPALIDAD
DISTRITAL
DE CURAHUASI**

FORMATO DE REPORTE DE FALLAS

N° _____

EQUIPO	
SERIE	
HORÓMETRO	
FECHA	
TÉCNICO	

COMPONENTE	ACCIÓN A TOMAR			
	LUBRICACIÓN	AJUSTE	REPARACIÓN	SUSTITUCIÓN
Motor				
Filtros				
Fajas				
Correas o cadenas				
Bomba de aceite				
Sensores				
Manguera				
Carter				
Radiador				
Tren de potencia				
Enfriador				
Válvulas de control				
Controles de transmisión				
Pedal				
Sensores				
Cadenas				
Cucharon				
Cantoneras				

OBSERVACIONES ADICIONALES:

FIRMA DEL TECNICO MECANICO

Figura 29: formato de reporte de fallas, elaboración propia



Nº _____

EQUIPO		MODELO:
TIPO DE MANTENIMIENTO		
HORÓMETRO		
FECHA		
TÉCNICO		

FECHA	TIEMPO	ACTIVIDAD REALIZADA	REPUESTOS REEMPLAZADOS	ENCARGADO	OBSERVACIONES

FIRMA DEL TECNICO MECANICO

Figura 30: formato de historial de mantenimiento, elaboración propia



**MUNICIPALIDAD
DISTRITAL
DE CURAHUASI**

**FORMATO DE CONTROL DE
COMBUSTIBLE**

N° _____

EQUIPO	
SERIE	
HORÓMETRO	
FECHA	
TÉCNICO	

FECHA DE SALIDA	HORA DE SALIDA	HOROMETRO DE SALIDA
FECHA DE REGRESO	HORA DE REGRESO	HOROMETRO DE REGRESO

TRABAJO REALIZADO:

FIRMA DEL CONDUCTOR

Figura 31: formato de control de combustible, elaboración propia



**MUNICIPALIDAD
DISTRITAL
DE CURAHUASI**

ORDEN DE TRABAJO

N° -----

DESCRIPCIÓN:		SERIE:	
EQUIPO:		UBICACIÓN:	
MARCA:		HORÓMETRO:	
MODELO:		HORA DE INGRESO:	

SOLICITADA:	
AUTORIZADA:	
RESPONSABLE DE EJECUCIÓN:	

DESCRIPCIÓN DE LA TAREA	TIEMPO ESTIMADO	TIEMPO REAL DE EJECUCIÓN

DESCRIPCIÓN DE LOS REPUESTOS	CANTIDAD PLANIFICADA	CANTIDAD UTILIZADA

DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS A UTILIZAR	
1	
2	
3	
PERSONAL PARA LA EJECUCION DE LOS TRABAJOS	
OBSERVACIONES:	

FIRMA DEL JEFE DE MANTENIMIENTO
MECANICO

FIRMA DEL TECNICO

Figura 32: Orden de trabajo, elaboración propia

Formato de check list del cargador frontal Case 821F

EQUIPO	CARGADOR FRONTAL - CASE	MODELO: 821F
TIPO DE MANTENIMIENTO		
HORÓMETRO		
FECHA		
TÉCNICO		



**MUNICIPALIDAD
DISTRITAL
DE CURAHUASI**

SISTEMA	TIPO DE MANTENIMIENTO			
MOTOR	MP1 250	MP2 500	MP3 1000	MP4 2000
Encender el motor durante 5 minutos para una inspección sensorial.				
Cambiar aceite de motor				
Cambiar filtro de aceite del motor				
Drenar el agua del separador de agua (Filtro primario)				
Cambiar filtro primario de combustible				
Cambiar filtro secundario de combustible				
Limpiar filtro de aire primario y secundario del motor				
Cambiar filtro de aire primario y secundario del motor				
Limpiar respiradero del cárter de motor				
Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible.				
Limpiar tapa colador del tanque de combustible.				
Cabar el sistema de combustible.				
Cambiar refrigerante del motor				
Lavado del sistema de refrigeración				
Aliviar presiones del refrigerante del motor				
Reemplazar secador de aire acondicionado				
Calibrar juego de válvulas del motor				
Revisar las piezas que el turbo alimentador				
Revisar el juego del rotor del turbo alimentador				
Calentado y prueba				
CABINA				
Limpiar filtros de aire de cabina				
Cambiar filtros de aire de cabina				
Cambiar cinturón de seguridad				
Comprobar estado de la estructura ROPS				
TRANSMISION				
Cambiar aceite de transmisión				
Cambiar filtro de aceite de transmisión				
Limpiar zona de tapón de llenado de aceite de transmisión				
Limpiar zona del tapón del diferencial y mandos finales posterior y delantero				
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite del sistema de transmisión				
Cambiar aceite del diferencial y mandos finales posterior y delantero				
Comprobar limallas del filtro magnético del eje delantero y posterior				
Limpiar rejilla magnética y cambiar sello				
Evaluación de ejes cardánicos				

SISTEMA	TIPO DE MANTENIMIENTO			
HIDRAULICO	MP1 250	MP2 500	MP3 1000	MP4 2000
Cambiar el aceite hidráulico				
Cambiar filtro de aceite del sistema hidráulico				
Aliviar presiones del sistema hidráulico				
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite				
Limpiar rejilla de drenaje de la caja (Colador) (Bomba de la dirección, bomba del ventilador hidráulico, Motor)				
Limpiar Válvula de alivio de tanque hidráulico.				
ELÉCTRICO				
Limpiar y Comprobar estado de cables de baterías. Cambiar si fuera necesario				
Comprobar tensión de faja del alternador				
Verificar ajuste de sujetador de baterías. Ajuste si es necesario				
Rearmar disyuntores				
Inspeccionar/reemplazar disyuntores				
Probar alarma de retroceso				
DIRECCIÓN				
Aliviar presiones del sistema de dirección y frenos				
Comprobar el juego de la columna de dirección				
Comprobar el estado de los cilindros de dirección				
Limpiar rejilla de aceite de la dirección piloto				
FRENOS				
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite				
Comprobar acumulador de freno				
Comprobar frenos				
Comprobar frenos de estacionamiento				
Comprobar discos de freno				
Comprobar indicador de desgaste de freno de servicio				
CHASIS				
Evaluar juego de pines de castillo				
Evaluar juego de pines articulación central				
Lubricación				
Engrasar accesorios de engrase del cucharón				
Engrasar juntas de deslizamientos del eje de transmisión				
MATERIAL RODANTE				
Comprobación de inflado de neumáticos				
Comprobar altura de cocada				

Figura 33: Formato de Check list del cargador frontal Case 821F, elaboración propia

Formato de check list del cargador frontal Komatsu WA180-3

EQUIPO	CARGADOR FRONTAL - KOMATSU	MODELO: WA 180-3
TIPO DE MANTENIMIENTO		
HORÓMETRO		
FECHA		
TÉCNICO		



**MUNICIPALIDAD
DISTRITAL
DE CURAHUASI**

SISTEMA	TIPO DE MANTENIMIENTO			
MOTOR	MP1 250	MP2 500	MP3 1000	MP4 2000
Encender el motor durante 5 minutos para una inspección sensorial.				
Cambiar aceite de motor				
Cambiar filtro de aceite del motor				
Drenar el agua del separador de agua (Filtro primario)				
Cambiar filtro primario de combustible				
Cambiar filtro secundario de combustible				
Limpiar filtro de aire primario y secundario				
Cambiar filtro de aire primario y secundario del motor.				
Limpiar respiradero de cárter de motor				
Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible.				
Limpiar tapa colador del tanque de combustible.				
Cebiar el sistema de combustible.				
Cambiar refrigerante de motor				
Aliviar presiones del refrigerante del motor				
Lavado del sistema de refrigeración				
Reemplazar secador de aire acondicionado				
Calibrar juego de válvulas del motor				
Calentado y prueba				
Revisar las piezas que el turbo alimentador				
Revisar el juego del rotor del turbo alimentador				
CABINA				
Limpiar filtros de aire de cabina				
Cambiar filtros de aire de cabina				
Cambiar cinturón de seguridad				
Comprobar estado de la estructura ROPS				
TRANSMISIÓN				
Cambiar aceite de transmisión				
Cambiar filtro de aceite de transmisión				
Limpiar zona de tapón de llenado de aceite de transmisión				
Limpiar zona del tapón del diferencial y mandos finales posterior y delantero				
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite del sistema de transmisión				
Cambiar aceite del diferencial y mandos finales posterior y delantero				
Comprobar limallas del filtro magnético del eje delantero y posterior				
Limpiar rejilla magnética y cambiar sello				
Evaluación de ejes cardánicos				

SISTEMA	TIPO DE MANTENIMIENTO			
HIDRAULICO	MP1 250	MP2 500	MP3 1000	MP4 2000
Cambiar el aceite hidráulico				
Cambiar filtro de aceite del sistema hidráulico.				
Aliviar presiones del sistema hidráulico				
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite				
Limpiar rejilla de drenaje de la caja (Colador) (Bomba de la dirección, bomba del ventilador hidráulico, Motor)				
Cambiar sello de tapa de tanque hidráulico				
Limpiar Válvula de alivio de tanque hidráulico				
ELÉCTRICO				
Limpiar y Comprobar estado de cables de baterías. Cambiar si fuera necesario				
Comprobar tensión de faja del alternador				
Verificar ajuste de sujetador de baterías. Ajuste si es necesario				
Inspeccionar/reemplazar disyuntores				
Probar alarma de retroceso				
DIRECCIÓN				
Aliviar presiones del sistema de dirección y frenos				
Comprobar el juego de la columna de dirección				
Comprobar el estado de los cilindros de dirección				
Limpiar rejilla de aceite de la dirección piloto				
FRENOS				
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite				
Comprobar acumulador de freno				
Comprobar frenos				
Comprobar frenos de estacionamiento				
Comprobar discos de freno				
Comprobar indicador de desgaste de freno de servicio				
CHASIS				
Evaluar juego de pines de castillo				
Evaluar juego de pines articulación central				
Lubricación y engrase				
Engrasar accesorios de engrase del cucharón				
MATERIAL RODANTE				
Comprobación de inflado de neumáticos				
Comprobar altura de cocada				

Figura 34: Formato de Check list del cargador frontal Komatsu WA180-3 elaboración propia

Formato de check list de la excavadora CX350B

EQUIPO	EXCAVADORA - CASE	MODELO: CX350B
TIPO DE MANTENIMIENTO		
HORÓMETRO		
FECHA		
TÉCNICO		



**MUNICIPALIDAD
DISTRITAL
DE CURAHUASI**

SISTEMA	TIPO DE MANTENIMIENTO			
MOTOR	MP1 250	MP2 500	MP3 1000	MP4 2000
Encender el motor durante 5 minutos para una inspección sensorial.				
Cambiar aceite de motor				
Cambiar el filtro de aceite de motor				
Cambiar el Filtro Separador de Agua				
Cambiar el Filtro Secundario de Combustible				
Limpiar alojamiento y filtro de aire de motor				
Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible				
Limpiar alojamiento y cambiar filtros de aire de motor				
Limpiar el Respiradero del Motor				
Cebiar sistema de combustible				
Usar limpiador del sistema de combustible				
Comprobar tensiones de las fajas de motor				
Limpiar condensador de refrigerante				
Cambiar refrigerante de motor				
Lavado del sistema de refrigeración del motor				
Limpiar la Tapa del Radiador				
Comprobar juego de válvulas del motor				
Comprobar Juego Axial del Turbo				
Calentamiento y prueba				
CABINA				
Limpiar el Filtro de Aire de la Cabina				
Cambiar filtros de aire				
Reemplazar filtro (de recirculación) del aire acondicionado				
Cambiar cinturón de seguridad				
Comprobar Estructura ROP				
TRANSMISIÓN				
Verificar niveles de aceite				
Cambiar aceite del reductor de giro				
Cambiar aceite de los mando finales				

SISTEMA	TIPO DE MANTENIMIENTO			
HIDRAULICO	MP1 250	MP2 500	MP3 1000	MP4 2000
Aliviar presiones del sistema hidráulico				
Cambiar aceite hidráulico				
Cambiar el Filtro Hidráulico				
Cambiar el Filtro Hidráulico de Drenaje				
Cambiar el Filtro Hidráulico de Pilotaje				
Limpiar rejilla del tanque hidráulico				
Cambiar sello anular de cubierta de tanque hidráulico				
ELÉCTRICO				
Comprobar Ajuste de Sujetadores de Batería				
Revisar fusibles				
Rearmar disyuntores				
Comprobar estado de cables de baterías				
Comprobar alarma de desplazamiento				
Limpiar Baterías				
CHASIS				
Limpiar Tapa del Tanque de Combustible				
Cambiar sello de tapa de tanque de combustible				
Comprobar varillaje del cucharón				
Comprobar Estado del Cucharón				
Inspeccionar puntas del cucharón				
Comprobar H del Cucharón				
Comprobar el Juego del Cucharón. Ajustar si es Necesario				
Cambiar Grasa del engranaje de rotación				
Lubricar				
MATERIAL RODANTE				
Comprobar Tensión de Cadena. Reajustar si es Necesario				
Comprobar Medidas de Carrilería. Medir Componentes				

Figura 35: Formato de Check list de la excavadora Case CX350B elaboración propia

Formato de check list del tractor oruga Caterpillar D7G y D6TXL

EQUIPO	TRACTOR ORUGA - CAT	MODELO:
TIPO DE MANTENIMIENTO		
HORÓMETRO		
FECHA		
TÉCNICO		



**MUNICIPALIDAD
DISTRITAL
DE CURAHUASI**

SISTEMA	TIPO DE MANTENIMIENTO			
MOTOR	MP1 250	MP2 500	MP3 1000	MP4 2000
Encender el motor durante 5 minutos para una inspección sensorial.				
Evaluar el cilindro del auxiliar de arranque con éter				
Cambiar el aceite de motor				
Cambiar el filtro de aceite de motor				
Cambiar el Filtro Primario de Combustible				
Cambiar el Filtro Secundario de Combustible				
Cebat sistema de Combustible				
Revisar el elemento de aire primario o secundario del filtro de aire de la máquina (Limpiar y/o Cambiar)				
Revisar y limpiar la tapa de presión del radiador				
Comprobar el nivel de refrigerante del sistema de enfriamiento				
Drenar el agua y los sedimentos del tanque de combustible				
Inspeccionar las correas del motor				
Revisar el Respiradero de Carter de Motor				
Inspeccionar los calces de montaje del motor y la barra estabilizadora				
Inspeccionar la junta del pasador protector del radiador				
Comprobar y/o Ajustar la luz de las válvulas de motor				
Comprobar y/o cambiar el refrigerante de motor				
Comprobar juego de válvulas del motor				
Calentamiento y prueba				
CABINA				
Reemplazar el filtro de cabina (Aire Fresco)				
Limpiar de los núcleos del enfriador y condensador AA				
Cambiar el cinturón de seguridad				
TRANSMISIÓN				
Cambiar el aceite del Sistema de Transmisión				
Limpiar el respiradero de transmisión				
Cambiar el filtro de aceite de transmisión				
Comprobar la posición de la rueda loca delantera				
Comprobar el nivel del aceite del eje pivote				
Comprobar el nivel de aceite del sistema de transmisión				
Comprobar el nivel de aceite de los mandos finales				
Comprobar el nivel del aceite del compartimiento del resorte tensor				
Cambiar el aceite de los mandos finales				
Reemplazar el empaque del protector de sello del mando final				
Inspeccionar el bastidor de los rodillos inferiores				
Inspeccionar las guías del bastidor de los rodillos inferiores				

SISTEMA	TIPO DE MANTENIMIENTO			
HIDRAULICO	MP1 250	MP2 500	MP3 1000	MP4 2000
Cambiar el aceite del sistema hidráulico				
Cambiar el filtro de aceite del sistema hidráulico				
Limpiar las rejillas de los filtros del sistema hidráulico				
Inspeccionar el protector del vástago y punta de desgarrador				
Comprobar el nivel del aceite del sistema hidráulico				
Lubricar el tirante de Inclinação y Cilindros de inclinación de la hoja topadora				
ELÉCTRICO				
Revisar los fusibles y disyuntores				
Reemplazar las lámparas de descarga de alta intensidad (HID)				
Revisar la alarma de retroceso				
Revisar el sistema de retroceso				
Revisar la bocina				
Revisar el estado de los indicadores y medidores				
Inspeccionar Baterías				
CHASIS				
Limpiar el protector inferior (Hidráulico)				
Chequear el estado de las cuchillas y cantoneras				
Medir el pasador central de la barra compensadora				
Chequear el cable de alambre de acero del cabrestante				
Inspeccionar alrededor de la máquina (Reportar daños)				
Lubricar los cojinetes de los cilindros de levantamiento				
Lubricar el varillaje y cojinetes del cilindro del desgarrador				
Inspeccionar los pasadores de cadena				
Comprobar el nivel de aceite de los pasadores de extremo de la barra compensadora				
Comprobar el ajuste de la cadena				
Lubricar los rodillos del cable del cabrestante				
Inspeccionar las estructuras de protección contra vuelcos (ROPS)				
MATERIAL RODANTE				
Comprobar Tensión de Cadena. Reajustar si es Necesario				
Comprobar Medidas de Carrilería. Medir Componentes				

Figura 36: Formato de Check list del tractor oruga Caterpillar D7G y D6TXL elaboración propia

Formato de check list de la retroexcavadora 580SN

EQUIPO	RETROEXCAVADORA – CASE	MODELO: 580SN
TIPO DE MANTENIMIENTO		
HORÓMETRO		
FECHA		
TÉCNICO		



**MUNICIPALIDAD
DISTRITAL
DE CURAHUASI**

SISTEMA	TIPO DE MANTENIMIENTO			
MOTOR	MP1 250	MP2 500	MP3 1000	MP4 2000
Encender el motor durante 5 minutos para una inspección sensorial.				
Cambiar aceite de motor				
Cambiar filtro de aceite del motor				
Drenar el agua del separador de agua (Filtro primario)				
Cambiar filtro primario de combustible				
Cambiar filtro secundario de combustible				
Limpiar filtro de aire primario y secundario del motor				
Cambiar filtro de aire primario y secundario del motor.				
Limpiar respiradero de cárter de motor				
Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible.				
Limpiar tapa colador del tanque de combustible.				
Cebiar el sistema de combustible.				
Cambiar refrigerante de motor				
Lavado del sistema de refrigeración				
Calibrar juego de válvulas del motor				
Calentado y prueba				
CABINA				
Limpiar filtros de aire de cabina				
Cambiar filtros de aire de cabina				
Cambiar cinturón de seguridad				
Comprobar estado de la estructura ROPS				
TRANSMISIÓN				
Cambiar aceite de transmisión				
Cambiar filtro de aceite de transmisión				
Limpiar zona de tapón de llenado de aceite de transmisión				
Limpiar zona del tapón del diferencial y mandos finales posterior y delantero				
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite del sistema de transmisión				
Cambiar aceite del diferencial y mandos finales posterior y delantero				
Evaluación de ejes cardánicos				

SISTEMA	TIPO DE MANTENIMIENTO			
HIDRAULICO	MP1 250	MP2 500	MP3 1000	MP4 2000
Cambiar el aceite hidráulico				
Cambiar filtro de aceite del sistema hidráulico				
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite				
Limpiar rejilla de drenaje de la caja (Colador) (Bomba de la dirección, bomba del ventilador hidráulico, Motor)				
Cambiar respiradero de tanque hidráulico				
Limpiar Válvula de alivio de tanque hidráulico y llenar aceite				
ELÉCTRICO				
Limpiar y Comprobar estado de cables de baterías. Cambiar si fuera necesario				
Inspeccionar faja del alternador				
Verificar ajuste de sujetador de baterías. Ajuste si es necesario				
Inspeccionar/reemplazar disyuntores				
Probar alarma de retroceso				
DIRECCIÓN				
Aliviar presiones del sistema de dirección y frenos				
Comprobar el juego de la columna de dirección				
Comprobar el estado de los cilindros de dirección				
Limpiar rejilla de aceite de la dirección piloto				
FRENOS				
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite				
Comprobar frenos				
Comprobar frenos de estacionamiento				
Comprobar indicador de desgaste de freno de servicio				
CHASIS				
Lubricación				
Engrasar accesorios de engrase del cucharón				
Engrasar accesorios de engrase de retroexcavadora				
MATERIAL RODANTE				
Comprobación de inflado de neumáticos				
Comprobar altura de cocada				

Figura 37: Formato de Check list de la retroexcavadora Case 580SN, elaboración propia

Formato de check list de la motoniveladora Komatsu GD-555-5

EQUIPO	MOTONIVELADORA - KOMATSU	MODELO: GD-555-5
TIPO DE MANTENIMIENTO		
HORÓMETRO		
FECHA		
TÉCNICO		



**MUNICIPALIDAD
DISTRITAL
DE CURAHUASI**

SISTEMA	TIPO DE MANTENIMIENTO			
MOTOR	MP1 250	MP2 500	MP3 1000	MP4 2000
Encender el motor durante 5 minutos para una inspección sensorial.				
Cambiar aceite de motor				
Cambiar filtro de aceite del motor				
Cambiar filtro primario de combustible				
Cambiar filtro secundario de combustible				
Limpiar filtro de aire primario y secundario del motor				
Cambiar filtro de aire primario y secundario del motor.				
Limpiar e inspeccionar las aletas del radiador, aletas del enfriador de aceite y las aletas del condensador				
Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible.				
Limpiar tapa colador del tanque de combustible.				
Cabar el sistema de combustible.				
Cambiar refrigerante de motor				
Lavado del sistema de refrigeración				
Calibrar juego de válvulas del motor				
Calentado y prueba				
CABINA				
Limpiar filtros de aire de cabina				
Cambiar filtros de aire de cabina				
Cambiar cinturón de seguridad				
Comprobar estado de la estructura ROPS				
TRANSMISIÓN				
Cambiar aceite de transmisión				
Cambiar filtro de aceite de transmisión				
Limpiar zona del tapón del diferencial y mandos finales posterior y delantero				
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite del sistema de transmisión				
Cambiar aceite del diferencial y mandos finales posterior y delantero				
Limpiar colador de la caja de transmisión.				
Limpiar respiradero de la transmisión				

SISTEMA	TIPO DE MANTENIMIENTO			
HIDRAULICO	MP1 250	MP2 500	MP3 1000	MP4 2000
Cambiar el aceite hidráulico				
Cambiar filtro de aceite del sistema hidráulico.				
Aliviar presiones del sistema hidráulico				
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite				
Cambio de aceite de la caja motriz tandem				
ELÉCTRICO				
Limpiar y Comprobar estado de cables de baterías. Cambiar si fuera necesario				
Comprobar la tensión en la faja del alternador				
Verificar ajuste de sujetador de baterías. Ajuste si es necesario				
Probar alarma de retroceso				
Cambiar faja de alternador				
FRENOS				
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite				
Comprobar acumulador de freno				
Comprobar frenos				
Comprobar frenos de estacionamiento				
Comprobar discos de freno				
Comprobar indicador de desgaste de freno de servicio				
CHASIS				
Revisar los juegos de la barra de tiro				
Revisar la holgura de la guía del círculo				
Evaluar juego de pines articulación central				
Lubricación				
Engrasar accesorios de engrase de la hoja vertedera				
MATERIAL RODANTE				
Comprobación de inflado de neumáticos				
Comprobar altura de cocada				

Figura 38: Formato de Check list de la motoniveladora Komatsu GD-555-5, elaboracion propia

Formato de check list del rodillo Dynapac CA-250-B

EQUIPO	RODILLO DYNAPAC	MODELO: CA-250-B
TIPO DE MANTENIMIENTO		
HORÓMETRO		
FECHA		
TÉCNICO		



**MUNICIPALIDAD
DISTRITAL
DE CURAHUASI**

SISTEMA	TIPO DE MANTENIMIENTO			
MOTOR	MP1 250	MP2 500	MP3 1000	MP4 2000
Encender el motor durante 5 minutos para una inspección sensorial.				
Cambiar aceite de motor				
Cambiar filtro de aceite del motor				
Cambiar filtro secundario de combustible				
Limpiar filtro de aire primario y secundario				
Cambiar filtro de aire primario y secundario del motor.				
Limpiar los enfriadores de aceite hidráulico, agua y aire.				
Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible.				
Cabar el sistema de combustible.				
Cambiar refrigerante de motor				
Lavado del sistema de refrigeración				
Calibrar juego de válvulas del motor				
Calentado y prueba				
CABINA				
Limpiar filtros de aire de cabina				
Cambiar filtros de aire de cabina				
Cambiar cinturón de seguridad				
Comprobar estado de la estructura ROPS				
TRANSMISIÓN				
Cambiar aceite en la caja de cambios y casete del rodillo				
Lubricar la palanca de marcha adelante/atrás				
Limpiar zona del tapón del diferencial y mandos finales posterior y delantero				
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite del sistema de transmisión				
Cambiar aceite del diferencial y mandos finales posterior				

SISTEMA	TIPO DE MANTENIMIENTO			
HIDRAULICO	MP1 250	MP2 500	MP3 1000	MP4 2000
Cambiar el aceite hidráulico				
Cambiar filtro de aceite del sistema hidráulico				
Aliviar presiones del sistema hidráulico				
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite				
Limpiar rejilla de drenaje de la caja (Colador) (Bomba de la dirección, bomba del ventilador hidráulico, Motor)				
Cambiar respiradero de tanque hidráulico				
Limpiar Válvula de alivio de tanque hidráulico y llenar aceite				
ELÉCTRICO				
Limpiar y Comprobar estado de cables de baterías. Cambiar si fuera necesario				
Verificar ajuste de sujetador de baterías. Ajuste si es necesario				
Verificar tensión en la faja del alternados				
Probar alarma de retroceso				
FRENOS				
Comprobar estado de mangueras, cañerías y fugas de aceite				
Comprobar frenos				
Comprobar frenos de estacionamiento				
CHASIS				
Lubricación				
Verificar el ajuste de los rascadores				
MATERIAL RODANTE				
Comprobación de inflado de neumáticos				
Comprobar altura de cocada				

Figura 39: Formato de Chek list del rodillo Dynapac CA-250-B, elaboración propia

Formato de check list del volquete Man TGS WWW44-480BB

EQUIPO	VOLQUETE - MAN	MODELO: TGS WW40.480BB
TIPO DE MANTENIMIENTO		
HORÓMETRO		
FECHA		
TÉCNICO		



**MUNICIPALIDAD
DISTRITAL
DE CURAHUASI**

SISTEMA	TIPO DE MANTENIMIENTO			
MOTOR	MP1 500	MP2 1000	MP3 2000	MP4 4000
Encender el motor durante 5 minutos para una inspección sensorial.				
cambiar aceite de motor				
reemplazar el filtro de aceite del motor				
Separador de agua del sistema combustible: drenar en caso hubiera agua o el indicador en panel este encendido.				
Reemplazar el filtro de combustible				
Reemplazar el filtro separador de agua				
Tanque de combustible: drenar agua y sedimentos del tanque de combustible. limpiar la tapa del tanque.				
reemplazo de filtro de aire del tanque de combustible				
Filtro de aire primario: revisar si el indicador en el tablero se enciende, de ser así cambiar filtro primario.				
Reemplazar el filtro de aire primario				
Filtro de aire secundario: revisar si el indicador en el tablero esta encendido después de cambiar el filtro primario, de ser así cambiarlo.				
Reemplazar el filtro de aire secundario				
Tanque de refrigerante: revisar nivel, agregar si es necesario. comprobar que tapas de llenado de presión estén firmemente apretados.				
Depósito de limpiaparabrisas: verificar nivel, agregar si es necesario.				
Núcleo de radiador: verificar estado de suciedad. limpiar de ser necesario con aire comprimido.				
Cambiar el refrigerante anticorrosivo				
turbocompresor: verificar estado, ruidos y vibraciones anormales.				
Motor: prueba de funcionamiento, sonidos, fugas, vibración y humos.				
CABINA				
Verificar estado de suciedad de interior de cabina. limpiar de ser necesario.				
Luces de indicación y advertencia de tablero: verificar que enciendan.				
Luces y faros: verificar luces interiores de cabina y exteriores del equipo.				
Instrumentos: verificar buen estado y sin ralladuras.				
Mandos: verificar buen estado, deben moverse sin problemas.				
No deben haber averías activas en el display el ordenador a bordo.				
Cambiar el filtro de cabina				
Bomba hidráulica de basculamiento de la cabina: revisar nivel de aceite con la cabina en posición de conducción. cambiar si se repara				
Limpiaparabrisas: verificar estado y funcionamiento				
TRANSMISIÓN				
Caja de cambios: verificar que no existan fugas de aire y aceite.				
Cambiar el aceite de caja de cambios				
Cambiar el filtro de aceite de caja de cambios				
Embrague: verificar el nivel de líquido, agregar de ser necesario.				
Eje cardan: revisar estado y que no existan fugas en crucetas y yugos.				
Eje trasero: verificar que no existan fugas de aire y aceite.				
Cambiar de aceite del eje posterior				
HIDRAULICO				
Tanque hidráulico de tolva: revisar si tienes fugas o rajaduras. revisar nivel de aceite, rellenar de ser necesario.				
cambiar filtro hidráulico				
Cambiar filtro de aire del sistema hidráulico de levante de tolva				
Cambiar el aceite del sistema hidráulico				
Limpia alrededor de tapa-filtro para evitar que la suciedad ingrese al tanque.				
Cilindro de levante de tolva: verificar no existencia de fugas.				
Mangueras hidráulicas: verificar si existen fugas o daños a las mangueras de succión, presión y retorno.				
Mangueras neumáticas: verificar si existen fugas o daños a las mangueras de comando y fin de curso.				
Toma de fuerza bomba: revisar estado y fugas.				
ELECTRICO				
Baterías: revisar estado de bornes, cables, nivel de electrolito.				
Verificar tensión correas del alternador.				
Tablero eléctrico de cabina: verificar lectura correcta de parámetros del tablero eléctrico.				
Luces: comprobar si funcionan correctamente				
Claxon: comprobar sonido que pueda escucharse con motor encendido.				
Alarma de retroceso: verificar funcionamiento correcto.				
DIRECCION				
Tanque de aceite de dirección: verificar nivel de aceite, agregar de ser necesario.				
Verificar y/o ajustar conexiones, barra, acoples guardas y otros.				
Cambiar el aceite de dirección				
Cambiar el filtro de dirección				
FRENOS				
Cambiar el filtro secador de aire				
Revisar si existen fugas de aire				
Inspeccionar cañerías /mangueras de aire precintos y/o cintillos de amarre				
Tanques de aire: purgar aceite o agua condensada en tanques, no debe haber aceite o agua de condensación.				
La presión de frenado debe ser satisfactoria.				
Cambiar el líquido de frenos				
Sistema de frenos (de servicio y de estacionamiento): verificar con el motor en marcha su buen funcionamiento.				
CHASIS				
Chasis: verificar existencia de fisuras y/o abolladuras.				
Muelles y amortiguadores: revisar estado de paquetes de muelles y amortiguadores. reparar de ser necesario.				
Dispositivo de remolque: verificar que se encuentre en buen estado.				
Guardabarros: verificar desgaste y que las abrazaderas no estén dañadas				
MATERIAL RODANTE				
Neumáticos: revisar que no existan piedras entre ellos. revisar presión de aire de neumáticos.				
Realizar la medición de la banda de rodamiento				
Pernos y tuercas: revisar estado y ajuste de tuercas y pernos.				
Aro: revisar existencia de fisura y/o abolladuras				
Inspeccionar retenes de ruedas posteriores(verificar fugas de aceite)				
ESTRUCTURA DE LA TOLVA				
Tolva: inspeccionar visualmente si existe alguna abolladura o fisura existente.				
Compuerta: revisar marco, forro y placas de sacrificio.				
Vástago de limitador neumático del cilindro: revisar estado de suciedad y limpiar en caso sea necesario.				
Mecanismo de cierre: revisar ganchos, barra tensora, pines, cadenas y topes.				
Pines y bocinas: revisar pines y bocinas de cilindro hidráulico y cajón de tolva				
porta neumático: revisar cable y manivela.				

Figura 40: Formato de Check list del volquete Man TGS WWW44-480BB, elaboración propia

4.3.4.3. Habilitación del taller de mantenimiento

Tarea 1 Delimitación de la zona de mantenimiento

La Municipalidad Distrital de Curahuasi cuenta con terreno de 3500 m² aproximadamente, el taller de mantenimiento se encuentra en un área de 250 m² techada y el almacén cuenta con un área de 160 m².

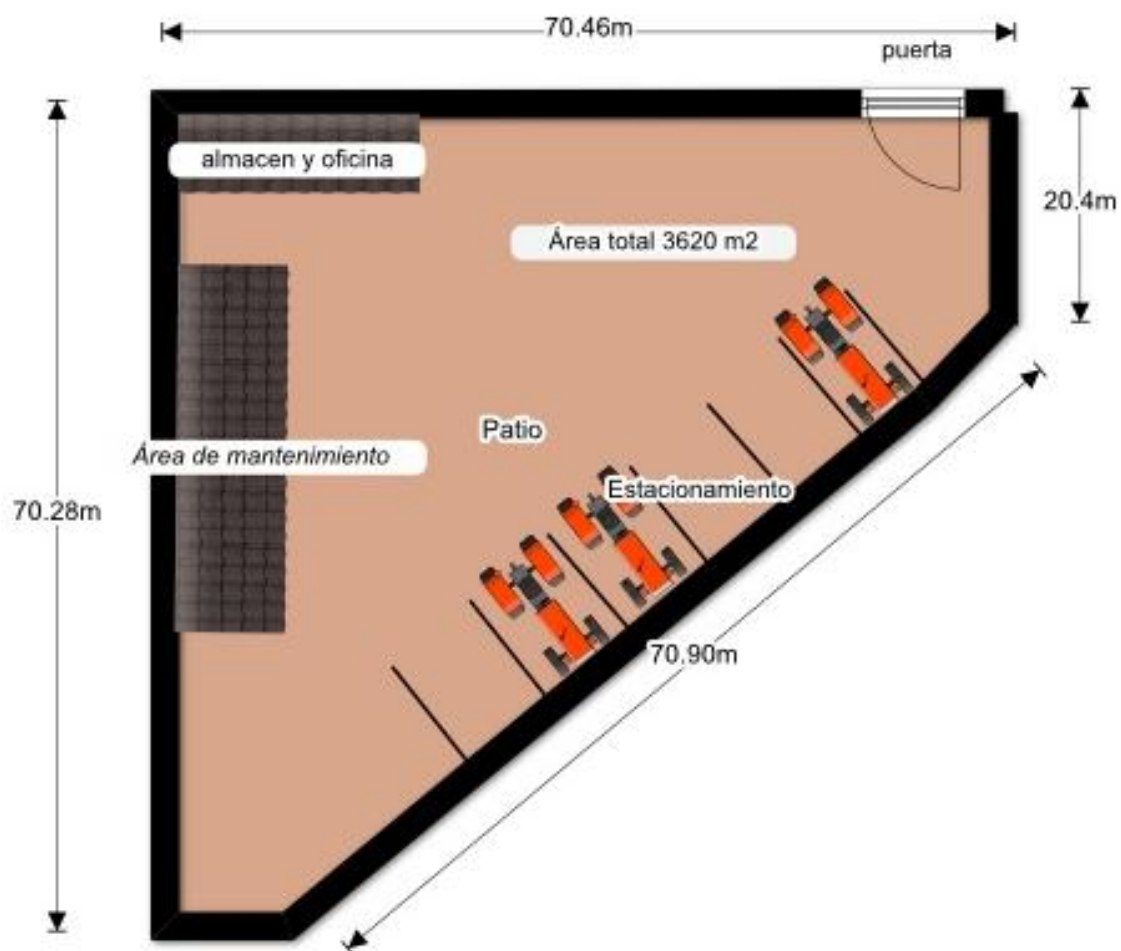


Figura 41: Plano del taller de mantenimiento de la Municipalidad Distrital de Curahuasi, elaboración propia

Delimitación de las estaciones de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada

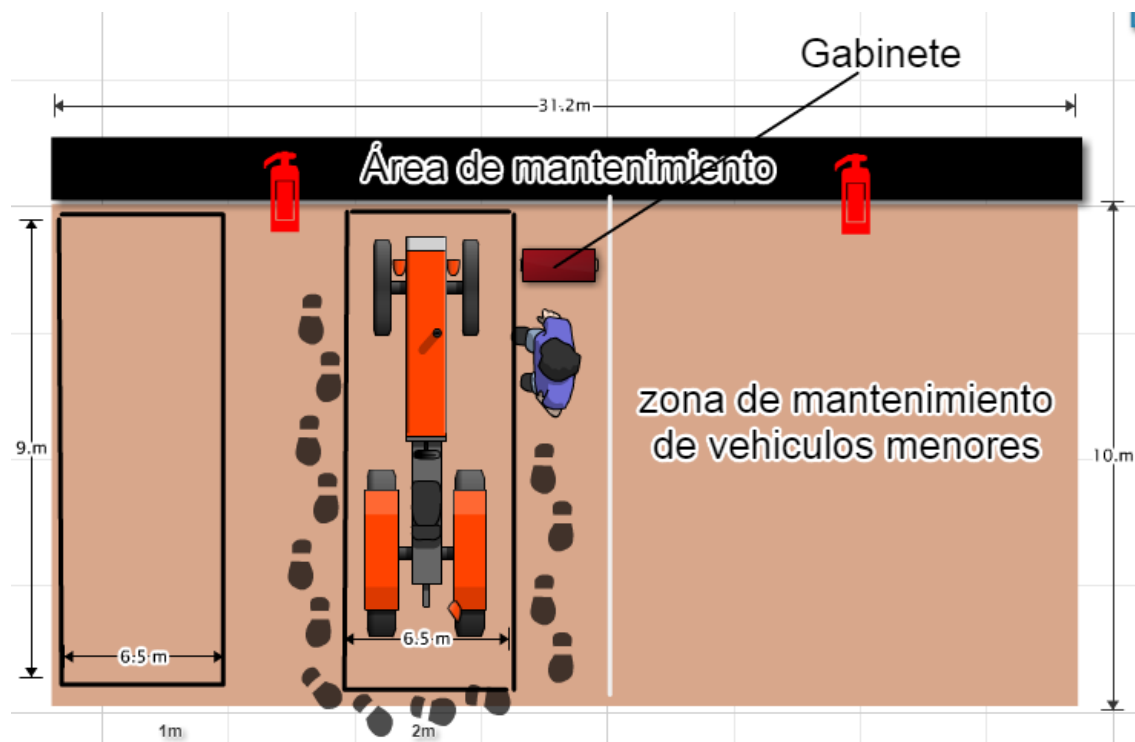


Figura 42: Delimitación de la zona de mantenimiento del área de equipo mecánico, elaboración propia

Tarea 2 Limpieza del taller de mantenimiento

5 S	OBJETIVO	ACCIÓN	INDICADOR
SEIRI (CLASIFICAR)	Clasificar los equipos y las herramientas de acuerdo a la frecuencia de uso.	Se clasifico las herramientas y los equipos teniendo una descripción de cada uno de ellos.	Comparación visual
	Determinar los elementos necesarios de los innecesarios para el plan de mantenimiento preventivo	Se determinó las herramientas básicas para realizar inspecciones, mantenimientos y reparaciones.	Diagrama de uso
SEITON (ORDENAR)	Ordenar los formatos de control, formato de actividades de mantenimiento de las unidades y los repuestos de mayor y menor	Tener los formatos y repuestos ordenados mediante la codificación respectiva	Historial del Equipo.
	Facilitar al técnico mecánico, operadores la búsqueda y almacenaje de las diferentes herramientas que utilizan.	La creación de estantes con plantilla de contornos de la herramientas que se usa con mayor frecuencia	Marcación de contornos de los elementos
SEISO (LIMPIAR)	Incentivar actividades de limpieza.	Se delegara responsabilidades de limpieza a los miembros del área de equipo mecánico.	Planificar jornada de limpieza.
	Facilitar y optimizar las actividades de limpieza en el mantenimiento, mediante la creación de puntos de deshecho.	Establecer procedimientos e instrucciones específicas para cada caso, ejemplo envases de deshecho para el aceite usado.	Creación de área de deshechos
SEIKETSU (ESTANDARIZAR)	Delegar responsabilidades al personal para el cumplimiento de las 3s anteriores	Establecer un formato de responsabilidad, distribuyendo trabajos de limpieza	Formato de responsabilidades mensual
	establecer métodos y procedimientos para las actividades de mantenimiento y limpieza de las unidades	La descripción de las actividades en cada tipo de mantenimiento y limpieza para las unidades, mediante una programación de mantenimientos	Programa de mantenimiento preventivo
SHITSUKE (AUTODISCIPLINA)	Respetar los estándares logrados y hacerlos respetar por todos buscando los buenos hábitos y la mejora continúa	Charlas de capacitación, con el fin de mostrar la importancia de la disciplina y la vitalidad de la filosofía de las 5s en una organización	limpieza, organización y clasificación constante en el taller de mantenimiento

Tarea 3 Señalización y seguridad en el taller de mantenimiento

Al implementar un taller de mantenimiento es imprescindible aplicar las normativas de seguridad y ubicar adecuadamente las salidas de emergencia, así como los extintores. Cada una de estas ubicaciones debe estar debidamente señalizada con los carteles homologados a tal efecto.



Figura 43: Señalizaciones del taller de mantenimiento

Las actividades de mantenimiento realizadas en talleres mecánicos presentan cantidad de riesgos para el personal del área que a menudo están expuestos a sufrir accidentes. Por eso es importante que el personal del área mecánico cuente con sus implementos de seguridad.



Figura 44: Señalización de seguridad del personal

Principales riesgos en talleres mecánicos

- Realizar actividades de mantenimiento debajo de los vehículos que son soportados por gatos hidráulicos, si estos se encuentran en mala posición o mal estado, podrían provocar que el vehículo caiga sobre el personal produciendo lesiones graves o la muerte.
- Manipular piezas mecánicas del motor mientras el vehículo esta encendido.
- Manipular líquidos inflamables (gasolina, grasa, aceite) cerca de una fuente de ignición, puesto que podría producir incendios.
- Las conexiones eléctricas de los vehículos pueden causar lesiones por contacto.
- Usar equipos o herramientas en mal estado pueden generar accidentes.
- la grasa y fluidos que se derraman causan superficies resbalosas que pueden generar accidentes.
- Quitar la tapa del radiador estando el motor encendido podría causar quemaduras debido al calentamiento del líquido.
- Cerrar el capot del motor sobre manos o dedos produciendo lesiones.
- Manipular piezas mecánicas pesadas (motor) con el debido cuidado y atención, una mala manipulación podría generar una caída sobre el cuerpo.
- Las llantas de la maquinaria pesada son de gran tamaño al desmontarlas podrían caer sobre el cuerpo del personal produciendo lesiones graves.
- Posiciones forzadas del cuerpo que generan lesiones musculares.
- Manipular productos químicos sin los elementos de seguridad pueden provocar lesiones en la piel, ojos.

Medidas Preventivas

- Utilizar los equipos de protección personal (ropa de trabajo, cascó, zapatos especiales, guantes)

- Utilizar medios mecánicos al trasladar piezas pesadas, asegurándose que este soporte el peso a trasladar.
- Evitar tener contacto de la piel con productos químicos, no lavarse las manos con gasolina ni succionar fluidos con la boca.
- Desconectar la batería del vehículo por precaución para evitar lesiones por electricidad.
- No soldar cerca de líquidos inflamables.
- No fumar en el taller automotriz, podría producir incendios por la cantidad de sustancias inflamables.
- No destapar el radiador mientras el vehículo esté caliente.
- No utilizar cadenas, relojes estos podrían enredarse en las partes del vehículo generando accidentes.
- Mantener el orden y limpieza en el lugar de trabajo, no dejar cables, herramientas, estos podrían generar accidentes.
- No transportar personas en la maquinaria pesada.

Gestión de residuos

- Comunes
- Metales
- lubricantes usados
- papel y cartón
- plásticos

Selección y almacenamiento

Se clasifica el residuo, los residuos comunes, plásticos y cartón se depositan en tachos para ser recogidos por el recolector de basura de la municipalidad, mientras los residuos como lubricantes se almacenan en cilindros.

Tarea 5 Implementación de tableros y gabinetes

Para un correcto almacenaje y orden de las herramientas se implementarán tableros para colgar las herramientas, además, se colocarán siluetas de plástico autoadhesivo que indicarán la posición exacta de cada una de ellas y se adquirirán gabinetes para facilitar el almacenaje y transporte de las herramientas utilizadas en las actividades de mantenimiento.



Figura 45: Tablero de herramientas



Figura 46: Gabinetes para herramientas

4.3.4.4. Adquisición de las herramientas

Al implementar el plan de mantenimiento preventivo, el proyecto incluye la adquisición de equipos y herramientas para el correcto cumplimiento del mantenimiento de las unidades, a continuación se muestra el listado de herramientas y equipos necesarios.

Ítem	Cantidad	Descripción	Costo
1	1 juego	Llaves mixtas de la n° 8 mm hasta la n° 27 mm	S/. 290.00
2	1 juego	Dado de entrada de la n° 8 mm hasta la n° 36 mm	S/. 398.00
3	1	Llave francesa de 8 y 14 pulgadas	S/. 129.00
4	1	Llave Stilson de 8 y 14 pulgadas	S/. 108.00
5	1	Extractor de Filtro	S/. 85.00
6	1 juego	Llaves hexagonales	S/. 48.00
7	1 juego	Llaves Thor	S/. 53.00
8	1	Maneral de ½ y ¾	S/. 147.00
9	1	Rachet de ½	S/. 65.00
10	1	Acople grande de ½	S/. 30.00
11	1	Extractor de polea mediana	S/. 155.00
12	1	Acople de ¾ grande	S/. 90.00
13	1	Multitester	S/. 179.00
14	1 juego	Destornilladores	S/. 120.00
15	1 juego	Extractores de seguros	S/. 70.00
16	1	Alicate: mecánico, universal, de puntas, de presión	S/. 147.00
17	1	Arco de sierra	S/. 28.00
18	1 caja	Silicona para empaquetadura	S/. 150.00
19	1	Escáner	S/. 5,000.00
20	1	Comprobador de Alternadores	S/. 1,200.00
21	1	Cargador de Baterías	S/. 700.00
22	1	pluma de 2 toneladas	S/. 1,200.00
23	1	Pistolas neumáticas	S/. 1,500.00
24	2	Camillas	S/. 400.00
25	2	mesas de trabajo	S/. 500.00
26	1	Extractor de pines de cadena	S/. 2,000.00
27	3	Juegos de elementos de protección personal	S/. 1000.00
		TOTAL	S/. 15,792.00

Tabla 44: Herramientas necesarias para la implementación del plan de mantenimiento (Elaboración propia.)

4.3.4.5. Capacitación del personal

Se implementa un programa de capacitación al personal para aumentar el desempeño y las destrezas, estas capacitaciones son constantes principalmente en nuevas tecnologías de mantenimiento que permitan realizar una operación y reparación más eficiente de las unidades. A continuación, se muestra el temario de las capacitaciones y el costo de las capacitaciones.

Personal	Temario de capacitaciones
Jefe de mantenimiento	Gerencia de mantenimiento
	Administración de flota
	Gestión de salud y seguridad ocupacional
Técnicos mecánicos	Mantenimiento de sistemas de equipo pesado
	Lubricación automotriz
	Gestión de salud y seguridad ocupacional
Operadores	Técnicas de operación e inspección de la maquina
	Manejo defensivo
	Gestión de salud y seguridad ocupacional

Tabla 45: Temario de capacitación al personal (elaboración propia)

Ítem	Descripción	Costo unitario
1	Curso de capacitación a los operadores	S/. 3,000.00
2	Curso de capacitación a los técnicos mecánicos.	S/. 3,000.00
3	Curso de capacitación al jefe del área	S/. 2,000.00
	TOTAL	S/. 8,000.00

Tabla 46: Costos de capacitación al personal (Elaboración propia).

4.4 Recursos humanos y equipamiento

Recursos humanos

- Capacitar constantemente a los operadores y técnico mecánico.

Equipamiento

- Implementación de los formatos de control: historial de mantenimientos, control de combustible, formatos de servicios, orden de trabajo etc. Que permitan un control y monitoreo de las unidades.
- Adquisición de equipos y herramientas para realizar los mantenimientos.

4.5 Análisis económico

Se considera 3 años el tiempo de vida útil del plan de mantenimiento preventivo; el objetivo del análisis económico del proyecto es determinar la rentabilidad, es decir determinar cuales son los beneficios que tiene la Municipalidad Distrital de Curahuasi con la implementación del plan de mantenimiento preventivo, La Municipalidad no busca generar un ingreso mediante la maquinaria pesada porque son unidades utilizadas en las obras públicas del distrito, lo que pretende es cumplir con el requerimiento de las obras y una disminución de costos por excesivo mantenimiento correctivo. Para analizar si el proyecto es viable utilizaremos los indicadores del VAN y el TIR.

(A). Inversión fija

Es la inversión que se necesita para implementar el plan de mantenimiento preventivo, el proyecto incluye la adquisición de equipos y herramientas para el correcto cumplimiento del mantenimiento de las unidades, también se considera como inversión fija las mejoras requeridas en el área de trabajo mecánico de la municipalidad distrital de Curahuasi.

Ítem	Descripción	Costo inicial
1	Valor del proyecto	S/. 27,792.00

Tabla 47: inversión fija del proyecto

(B). Suministros o materiales indirectos

Los costos considerados como suministros en esta tabla son los servicios básicos como luz, considerando que el servicio de agua en el distrito de Curahuasi es gratuito y algunos gastos de oficina.

ítem	Descripción	Costo mensual	Costo anual
1	Servicio de luz costo promedio mensual	S/. 400.00	S/. 4,800.00
4	Útiles de escritorio	S/. 300.00	S/. 3,600.00
	Total	S/. 700.00	S/. 8,400.00

Tabla 48: Costo de suministros y materiales (Elaboración propia.)

(C). Costo de Proyecto

Es el costo total que tendrá el proyecto en los 3 años de duración a continuación se muestra los costos:

Ítem	Costo inicial	Costo por la vida útil del proyecto 3 años
Valor del proyecto	S/. 27,792.00	S/. 27,792.00
Valor del mantenimiento preventivo año 2018	S/. 68,846.34	S/. 68,846.34
Valor del mantenimiento preventivo año 2019	S/. 73,442.17	S/. 73,442.17
Valor del mantenimiento preventivo año 2020	S/. 65,577.32	S/. 65,577.32
Costos indirectos	S/. 8,400.00	S/. 25,200.00
Total	S/. 260,857.83	

Tabla 49: Costo del proyecto

(D). Egresos antes del proyecto

- **Costo del mantenimiento correctivo de las unidades de la Municipalidad Distrital de Curahuasi**

Antes de la implementación del plan de mantenimiento preventivo las unidades de la Municipalidad distrital tenían un elevado mantenimiento correctivo por avería, estas fallas en las unidades tienen un costo elevado porque son reparadas cuando los elementos o sistemas están en un mal estado. (ver anexo 3)

- **Costo del alquiler por la no atención de las obras**

Es el costo generado por el alquiler de maquinaria a empresas particulares para cumplir con el requerimiento de las obras y la población.

A continuación, se describe los egresos del proyecto:

Costo del mantenimiento correctivo en el año 2017	S/. 122,241.40
Costo de alquiler particular por la no atención de las obras	S/. 278,720.00
Costo anual	S/. 400,961.40
Costo promedio mensual	S/. 33,413.45

Tabla 50: Egresos antes del proyecto

(E). Rentabilidad del proyecto

La rentabilidad del proyecto se considera el costo que la Municipalidad distrital de Curahuasi ahorra con la implementación de un plan de mantenimiento preventivo

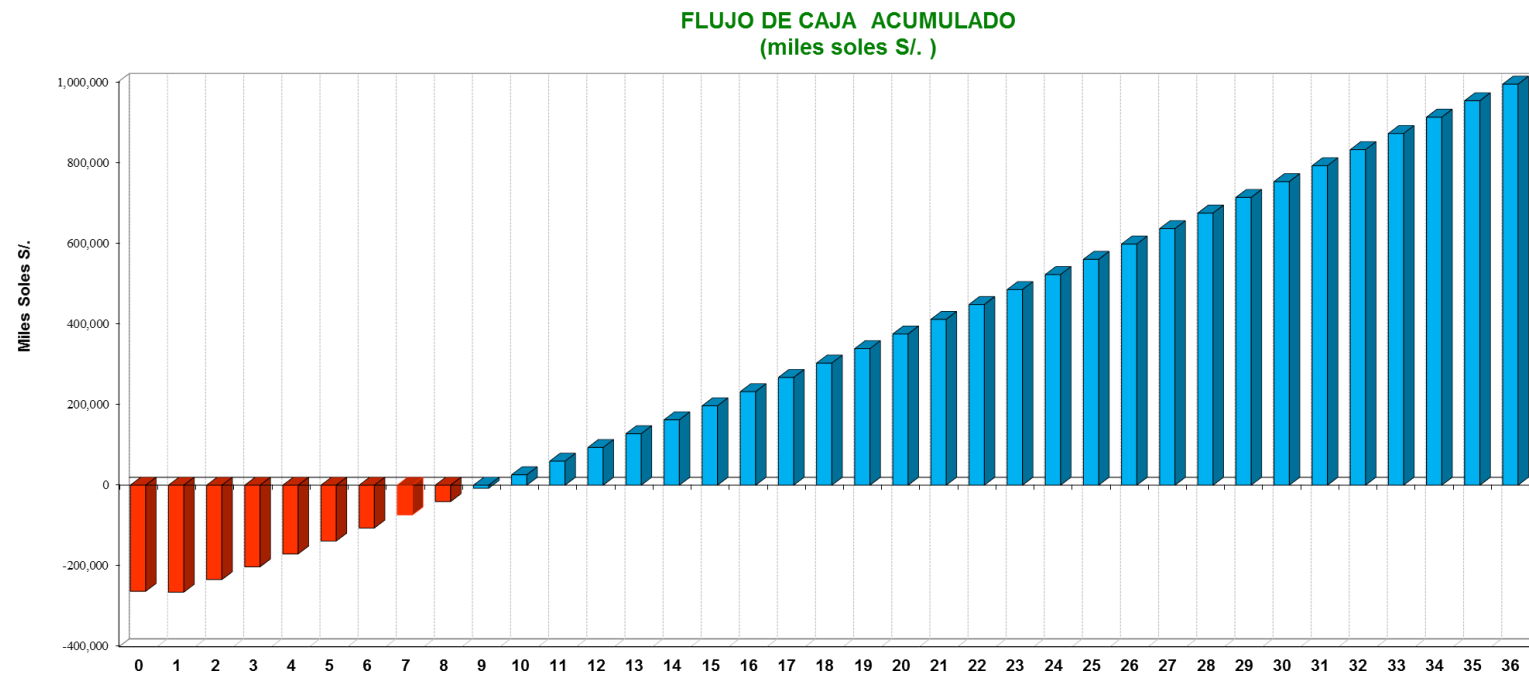
$$\text{Rentabilidad mensual} = \text{S/. } 33,413.45$$

FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO (En MILES S/.)															
MESES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	24	36
BENEFICIOS MENSUALES			S/. 33,413.45	S/. 33,413.45	S/. 33,413.45	S/. 33,413.45	S/. 33,413.45	S/. 33,413.45	S/. 33,413.45	S/. 33,413.45	S/. 33,413.45	S/. 33,413.45	S/. 33,413.45	S/. 33,413.45	S/. 33,413.45
Inversiones	S/. 260,857.83														
FLUJO DE CAJA	-S/. 262,944.69	S/. 0.00	S/. 33,413.45	S/. 33,413.45	S/. 33,413.45	S/. 33,413.45	S/. 33,413.45	S/. 33,413.45	S/. 33,413.45	S/. 33,413.45	S/. 33,413.45	S/. 33,413.45	S/. 33,413.45	S/. 33,413.45	S/. 33,413.45
FLUJO ACUMULADO	-S/. 262,944.69	-S/. 265,048.25	-S/. 233,755.19	-S/. 202,211.78	-S/. 170,416.02	-S/. 138,365.90	-S/. 106,059.38	-S/. 73,494.40	-S/. 40,668.91	-S/. 7,580.81	S/. 25,771.99	S/. 59,391.62	S/. 93,280.20	S/. 521,722.56	S/. 993,154.26

PRINCIPALES INDICADORES ECONÓMICOS	
VALOR PRESENTE BENEFICIOS	389,419
VALOR PRESENTE COSTOS	272,313
VALOR PRESENTE NETO (VPN)	117,106
BENEFICIO/COSTO	1.43
COSTO OPORTUNIDAD (TASA)	8%
TASA INT. DE RETORNO (TIR)	11.15%
PERIODO DE RECUPERACION (meses)	9.0

- ✓ El Valor presente actual (VAN y/o VPN) es S/. 117 106 mil soles lo que indica que el Proyecto es rentable.
- ✓ El indicador Beneficio / Costo = 1,43 es mayor que 1 lo que representa también la viabilidad del proyecto.
- ✓ El TIR es 11.15% mayor que el costo de Oportunidad (ESTIMADO EN 8%) por tanto el proyecto es rentable.
- ✓ La recuperación de la Inversión se produce a los 10 meses.

Grafica del flujo de caja acumulado



CAPITULO 5

ANALISIS DE RESULTADOS

5.1 Análisis descriptivo de la información relativa a las variables de estudio

El objetivo del plan de mantenimiento preventivo es mejorar la atención de las obras de la Municipalidad Distrital de Curahuasi. La mejora de la vida útil y el aumento de disponibilidad muestran los resultados del plan de mantenimiento preventivo, esta mejora se consigue siguiendo rigurosamente el mantenimiento preventivo en las unidades, reduciendo el mantenimiento correctivo y las fallas más frecuentes. Los formatos de inspecciones serán una herramienta para el área de equipo mecánico permitiendo llevar una adecuada gestión de mantenimiento de las unidades.

(A). Disponibilidad en las unidades después de la implementación del plan de mantenimiento

En la siguiente tabla se muestra el porcentaje de disponibilidad esperada para el año 2018 con el plan de mantenimiento preventivo implementado en las unidades. Horas programadas es el tiempo que una maquina debe estar disponible, se considera 180 horas al mes y en 13 meses que se analiza el proyecto se tiene un total de 2340 horas, H.M.P

hace referencia a las horas en el que se realiza el mantenimiento preventivo y las horas de revisiones (H.R) es el tiempo perdido en inspecciones, engrase o llenados de los formatos de control se considera 8 horas por mes y en 13 meses 104 horas.

n°	Maquinaria	Modelo	Horas programadas	H.M.P	H.R.	Disponibilidad
1	Tractor oruga	D6TXL	2340	21	104	94.7%
2	Tractor oruga	D7G	2340	9	104	95.2%
3	Retroexcavadora	580SN	2340	17	104	94.8%
4	Excavadora	CX350B	2340	21	104	94.7%
5	Cargador frontal	821F	2340	26	104	94.4%
6	Cargador frontal	WA180-3	2340	24	104	94.5%
7	Motoniveladora	GD-555-5	2340	23	104	94.6%
8	Rodillo	CA-250-B	2340	12	104	95.0%
9	Volquete (EG0-711)	TGS WW40.480BB	2340	19	104	94.7%
10	Volquete (EGQ-489)	TGS WW40.480BB	2340	9	104	95.2%

Tabla 51: Disponibilidad de las unidades esperada para el año 2018 (Elaboración propia.)

H.M.P: Horas de mantenimiento preventivo al año.

H.R: Horas de parada por revisiones

Para el análisis de la disponibilidad de la maquinaria se empleó la siguiente formula:

$$Disponibilidad(\%) = \frac{\text{horas programadas} - \text{horas de parada}}{\text{horas programadas}}$$

Ejemplo disponibilidad de la unidad cargador frontal modelo D6TXL

$$Disponibilidad(\%) = \frac{2340 - (21 + 104)}{2340}$$

$$Disponibilidad = 94.7\%$$

Disponibilidad obtenida el mes de diciembre del 2017 y enero del 2018

A continuación, se muestra la disponibilidad obtenida en el mes de diciembre del 2017 y enero del 2018 como resultado de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, las horas por mantenimiento preventivo (H.M.P) son el tiempo que se pierde por realizar el mantenimiento, las horas de revisiones (H.R) es el tiempo de inspecciones y llenado de formatos y las horas de mantenimiento correctivo (H.M.C) es el tiempo perdido en reparaciones por fallas, se observa que este tiempo disminuyo con la implementación de un plan de mantenimiento.

Mes de diciembre del 2017

N°	Maquinaria	Modelo	Horas programadas	H.M.P	H.R.	H.M.C	Disponibilidad
1	Tractor oruga	D6TXL	180	4	8	2	92.2%
2	Tractor oruga	D7G	180		8	10	90.0%
3	Retroexcavadora	580SN	180	5	8	0	92.8%
4	Excavadora	CX350B	180		8	4	93.3%
5	Cargador frontal	821F	180		8	6	92.2%
6	Cargador frontal	WA180-3	180		8	5	92.8%
7	Motoniveladora	GD-555-5	180	4	8	2	92.2%
8	Rodillo	CA-250-B	180		8	0	95.6%
9	Volquete (EG0-711)	TGS WW40.480BB	180		8	6	92.2%
10	Volquete (EGQ-489)	TGS WW40.480BB	180	5	8	0	92.8%

Tabla 52: Disponibilidad de la maquinaria pesada en el mes de diciembre 2017
(Elaboración propia.)

H.M.P: Horas de mantenimiento preventivo al año.

H.R: Horas de parada por revisiones

H.M.C: Horas de mantenimiento correctivo

Mes de enero del 2018

N°	Maquinaria	Modelo	Horas programadas	H.M.P	H.R.	H.M.C	Disponibilidad
1	Tractor oruga	D6TXL	180		8	6	92.22%
2	Tractor oruga	D7G	180	4	8	0	93.33%
3	Retroexcavadora	580SN	180		8	4	93.33%
4	Excavadora	CX350B	180		8	5	92.78%
5	Cargador frontal	821F	180	5	8	4	90.56%
6	Cargador frontal	WA180-3	180	15	8	0	87.22%
7	Motoniveladora	GD-555-5	180		8	6	92.22%
8	Rodillo	CA-250-B	180		8	3	93.89%
9	Volquete (EG0-711)	TGS WW40.480BB	180		8	3	93.89%
10	Volquete (EGQ-489)	TGS WW40.480BB	180		8	0	95.56%

Tabla 53: Disponibilidad de la Maquinaria pesada en el de enero 2018 (elaboración propia).

H.M.P: Horas de mantenimiento preventivo al año.

H.R: Horas de parada por revisiones

H.M.C: Horas de mantenimiento correctivo

Comparación de la disponibilidad antes y después del plan de mantenimiento preventivo

N°	Maquinaria	Modelo	Disponibilidad		
			Antes del plan	Diciembre 2017	Enero 2018
1	Tractor oruga	D6TXL	88.0%	92.2%	92.2%
2	Tractor oruga	D7G	83.1%	90.0%	93.3%
3	Retroexcavadora	580SN	88.3%	92.8%	93.3%
4	Excavadora	CX350B	83.0%	93.3%	92.8%
5	Cargador frontal	821F	87.4%	92.2%	90.6%
6	Cargador frontal	WA180-3	87.0%	92.8%	87.2%
7	Motoniveladora	GD-555-5	89.4%	92.2%	92.2%
8	Rodillo	CA-250-B	90.0%	95.6%	93.9%
9	Volquete (EG0-	TGS	88.5%	92.2%	93.9%
10	Volquete (EGQ-	TGS	85.9%	92.8%	95.6%

Tabla 54: Comparación de disponibilidad antes y después del plan de mantenimiento preventivo (elaboración propia)

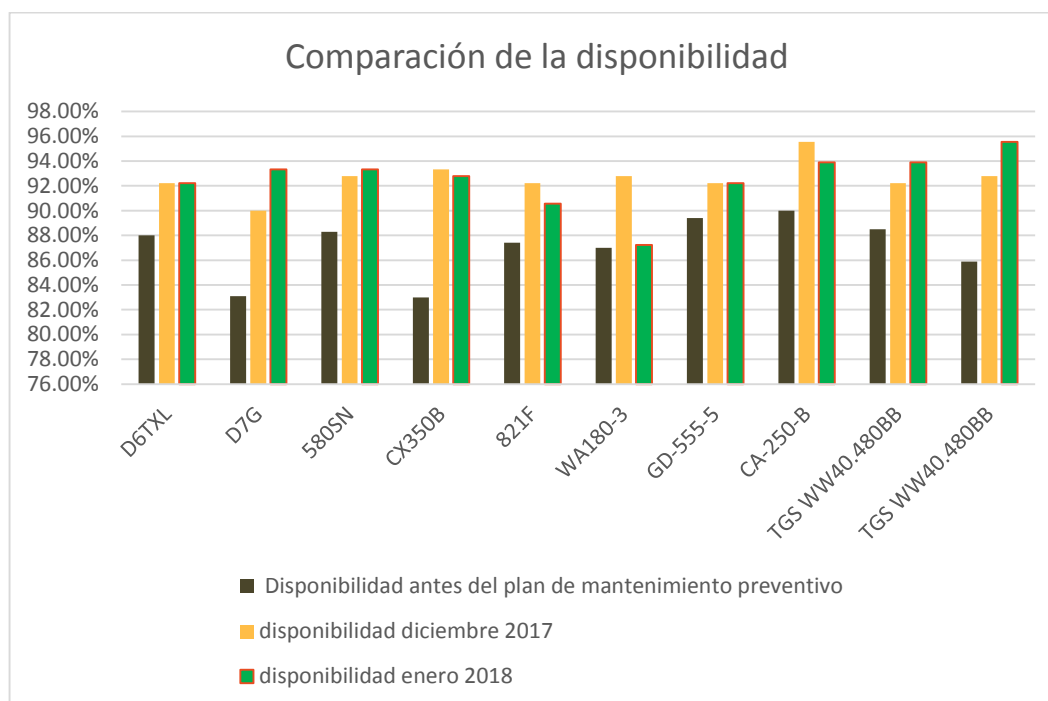
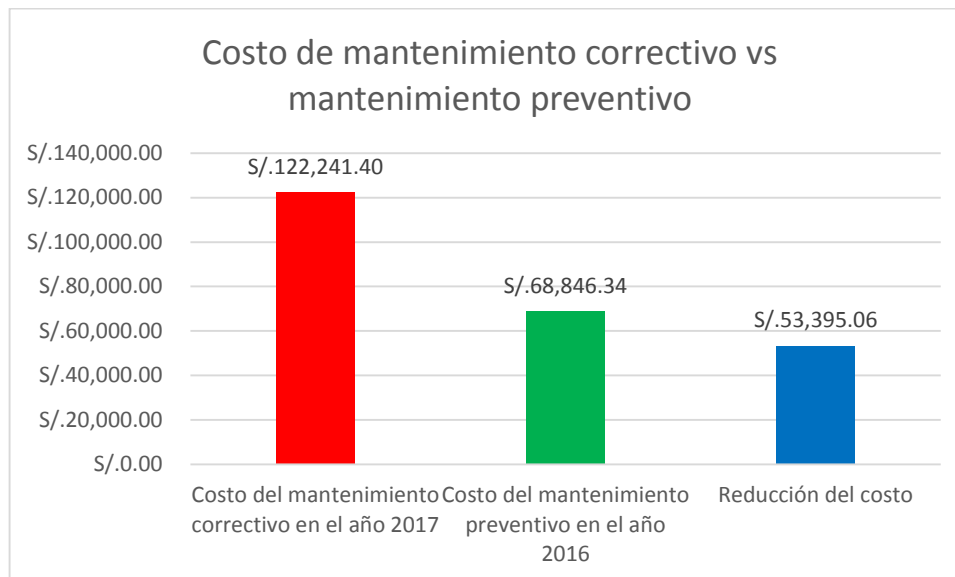


Figura47: Comparación de la disponibilidad antes y después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo. (elaboración propia).

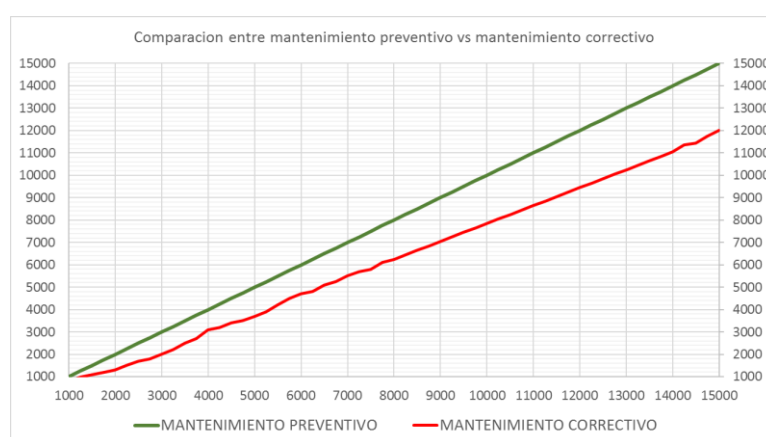
(B). Reducción de costos de mantenimiento

Con la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la Municipalidad distrital de Curahuasi se reduce el costo de mantenimiento como se observa en el siguiente gráfico.



(C). Vida útil de las unidades

Con la implementación del plan de mantenimiento preventivo se logrará alcanza la vida útil de las unidades, a continuación, se presenta el análisis para la unidad cargador frontal Case 821F.



Vida útil con Mantenimiento preventivo aproximadamente 15000 horas

Vida útil con mantenimiento correctivo aproximadamente 12000 horas

$$Mejora\ de\ la\ vida\ util = \left(\frac{15000 - 12000}{12000} \right) \times 100\%$$

$$Mejora\ de\ la\ vida\ util = 25\ \%$$

5.2. Análisis teórico de los datos y resultados obtenidos en relación con las bases teóricas de la investigación

Los resultados tras la implementación del plan de mantenimiento preventivo en la Municipalidad distrital de Curahuasi muestran varios beneficios entre los cuales se encuentra el incremento de porcentaje de disponibilidad, disminución de costos de mantenimiento correctivo, mejora de la vida útil, adecuado funcionamiento de las máquinas y reducción de paradas imprevistas; estos resultados coinciden con lo afirmado por Moreno (2009) quien indica que es importante realizar mantenimiento para garantizar que las unidades se mantengan en especificaciones técnicas ideales, conservación del equipo, alta disponibilidad, calidad del producto y reducción de costos innecesarios en las unidades. Por otro lado, Gómez de León (1998) indica que el mantenimiento preventivo asegura una elevada disponibilidad de las unidades y obtener un rendimiento óptimo, también indica que este tipo de mantenimiento reduce las reparaciones de los elementos mediante un cronograma de inspecciones periódicas.

Otro resultado obtenido con la implementación del plan de mantenimiento preventivo es la disminución del porcentaje de mantenimiento correctivo a menos de 10% en las unidades de la Municipalidad Distrital de Curahuasi como lo recomiendan Duffua, Raouf y Dixon (2000) quienes indican que el mantenimiento de emergencia debe ser reducido al mínimo y no exceder el 10% del total de mantenimiento.

5.3. Análisis de la asociación de variables y resumen de las apreciaciones relevantes que se produce (causa y efecto)

Las variables dependientes de este proyecto es mejorar la atención de las obras que viene ejecutando la Municipalidad distrital de Curahuasi y las variables independientes son: disponibilidad, vida útil, y reducción de costos de mantenimiento, se observa que la variable dependiente tiene relación directa con las variables independientes porque al implementar un plan de mantenimiento preventivo, hay un aumento en el porcentaje de disponibilidad de las unidades, aumentar la vida útil de las máquinas y una disminución de los costos de mantenimiento correctivo permitiendo que las unidades se encuentren en un estado óptimo para cumplir con los atención de las obras y los requerimientos de las población.

CONCLUSIONES

- La implementación de un plan de mantenimiento preventivo tuvo un impacto positivo para la Municipalidad Distrital de Curahuasi, permitió aumentar la disponibilidad de las unidades, conservar y prolongar la vida útil y reducir los costos de mantenimiento, al tener las unidades disponibles permite cumplir con las horas requeridas y mejorar la atención de las obras que se vienen ejecutando en el distrito de Curahuasi.
- Al implementar un plan de mantenimiento preventivo aumenta el porcentaje de disponibilidad de las unidades de la Municipalidad Distrital de Curahuasi, cumpliendo con el primer objetivo específico, los resultados que se muestran del mes de diciembre y enero coinciden con los resultados esperados, la disponibilidad aumento en un 5% alcanzado una disponibilidad mayor a 92% en todas las unidades, por ejemplo, la unidad tractor oruga modelo D6TXL elevo su disponibilidad de 88.0% a 92.2% diciembre y enero respectivamente.
- La implementación del plan de mantenimiento preventivo tendrá un impacto económico positivo con una rentabilidad mensual S/. 33,413.45 aproximadamente, debido a la reducción de los mantenimientos correctivos y prescindir del alquiler de

maquinaria para cumplir con las horas requeridas. Los indicadores económicos muestran un VAN de S/. 117 106 soles y un TIR de 11.15 % mayor que el costo de oportunidad indicando que el proyecto es rentable.

- Se establecieron las actividades de mantenimiento preventivo para alcanzar la vida útil y conservar en estado óptimo la maquinaria pesada, se concluye que con la implementación del plan de mantenimiento preventivo se aumentará aproximadamente en 25% la vida útil de las unidades logrando alcanzar lo indicado por el fabricante.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda archivar la información de los formatos de control y el historial de mantenimiento, en el futuro serán una herramienta importante para una gestión de mantenimiento adecuada y como antecedentes de una implementación de un plan de mantenimiento predictivo o un mantenimiento basado en la condición.
- Se recomienda la adquisición de repuestos y lubricantes para todo un año para evitar demoras en el mantenimiento producidas por falta de un stock de repuestos en el almacén.
- Se recomienda capacitar al personal del área de equipo mecánico anualmente en las nuevas técnicas de mantenimiento para mejorar sus capacidades y conocimientos.

BIBLIOGRAFIA

ADAUTO, Luis (2016) Propuesta de plan de mantenimiento preventivo para el Cargador frontal New Holland en el Municipalidad de Huancán. Tesis para optar el título profesional de ingeniero mecánico, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo

BALLESTER, Francisco Y CAPOTE, Jorge (1992) Maquinaria de movimientos de tierras: criterios de selección, Madrid. Pedeca

CARBAJAL, Pedro (2016). Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la empresa de transportes el Dorado S.A.C. Tesis para optar el título profesional de ingeniero mecánico, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.

DAY, David (1985) Maquinaria para construcción (2da ed.) Balderas: limusa.

DUFFUAA, Salih, A ROUF, CAMPBELL John (2000) Sistemas de mantenimiento planeación y control. Balderas. Limunsa

DELGADO, Franklin (2014) Ingeniería de Carreteras, Tingo maría, Universidad de Huánuco

FLORES, Juan y YAURI, Julio (2017) Plan de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada para la empresa Hitos San Martin S.A.C, Yauli. Universidad Tecnológica del Perú

FUENTES, Franklin y BEJAR Miguel (2008) Diseño e implementación de un sistema de gestión de mantenimiento de maquinaria pesada con base en el TPM, RCM II y PMO para la Municipalidad Distrital de San Sebastián. Tesis para optar el título profesional de ingeniero mecánico, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco

GAMARRA, Fernando (2009) Mejora del sistema de mantenimiento de la maquinaria en una empresa constructora. Tesis para optar el título profesional de ingeniero mecánico, Universidad nacional de ingeniería Lima, Lima

GARCIA, Santiago (2003) Organización y gestión de mantenimiento. Madrid: Diaz santos

GÓMEZ DE LEÓN, Félix (1998) Tecnología del mantenimiento industrial. Murcia: Santo Cristo

GONZÁLES, Francisco (2004) Auditoria del mantenimiento indicadores de gestión. Madrid: Fundacion confemetal

GONZÁLEZ, Francisco (2005) Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. (2da ed.) Madrid: Fundación confemetal

HERNANDEZ, Roberto; FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar (2014). Metodología de la Investigación (6ta ed.). México: McGraw - Hill Interamericana editores S.A

HERNÁNDEZ, Víctor (2010) Plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada en funcionamiento de la zona vial N° 14, dirección general de caminos, Salamá, Baja Verapaz. Universidad de San Carlos de Guatemala

ISHIKAWA, Kaoru (1943) Diagrama Causa-Efecto. Recuperado el 15 de diciembre del 2017 de

http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:LoKKeCnHnm4J:scholar.google.com/&hl=es&as_sdt=0,5

LEY 769 del 6 agosto del 2002, Código nacional de tránsito terrestre, Ministerio de transportes de Colombia

LLAUCE, José (2017) Programa de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la Motoniveladora Cat 120K en la Municipalidad Distrital de Masma. Tesis para optar el título profesional de ingeniero mecánico, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo

MEDRANO, José, GONZÁLEZ, Víctor y DÍAZ DE LEÓN, Vicente (2017) Mantenimiento, técnica y aplicaciones industriales. Ciudad de Mexico: Patria.

MORALES, Suheil (2017) La investigación cuantitativa, Lara: Universidad Yacambu.

MORENO, Gustavo (2009) diseño de un plan de mantenimiento de una flota de tracto camiones en base a los requerimientos en su contexto operacional. Trabajo de grado para optar el título de ingeniero mecánico Universidad de oriente núcleo de Anzoátegui, Puerto la cruz.

MOUBRAY, John (1997) Mantenimiento centrado en la confiabilidad. Madrid: Biddles

MORA, Alberto (2009) Mantenimiento Planeación, ejecución y control. México DF: Alfaomega

NAVARRO, Luis; PASTOR, Ana y MUGABURU, Jaime (1997) Gestion integral de mantenimiento Barcelona: Marcombo

SALES, Matías (2009) Diagrama de Pareto. Recuperado el 15 de diciembre del 2017 de: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/44144377/Diagramde_pareto.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1520197009&Signature=ReSJJu

[wwU6W%2F%2FkucKJJ4sbMbYG20%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DDiagrama_de_Pareto.pdf](#)

TECSUP. (2014) Gestión del mantenimiento para equipo pesado, Lima

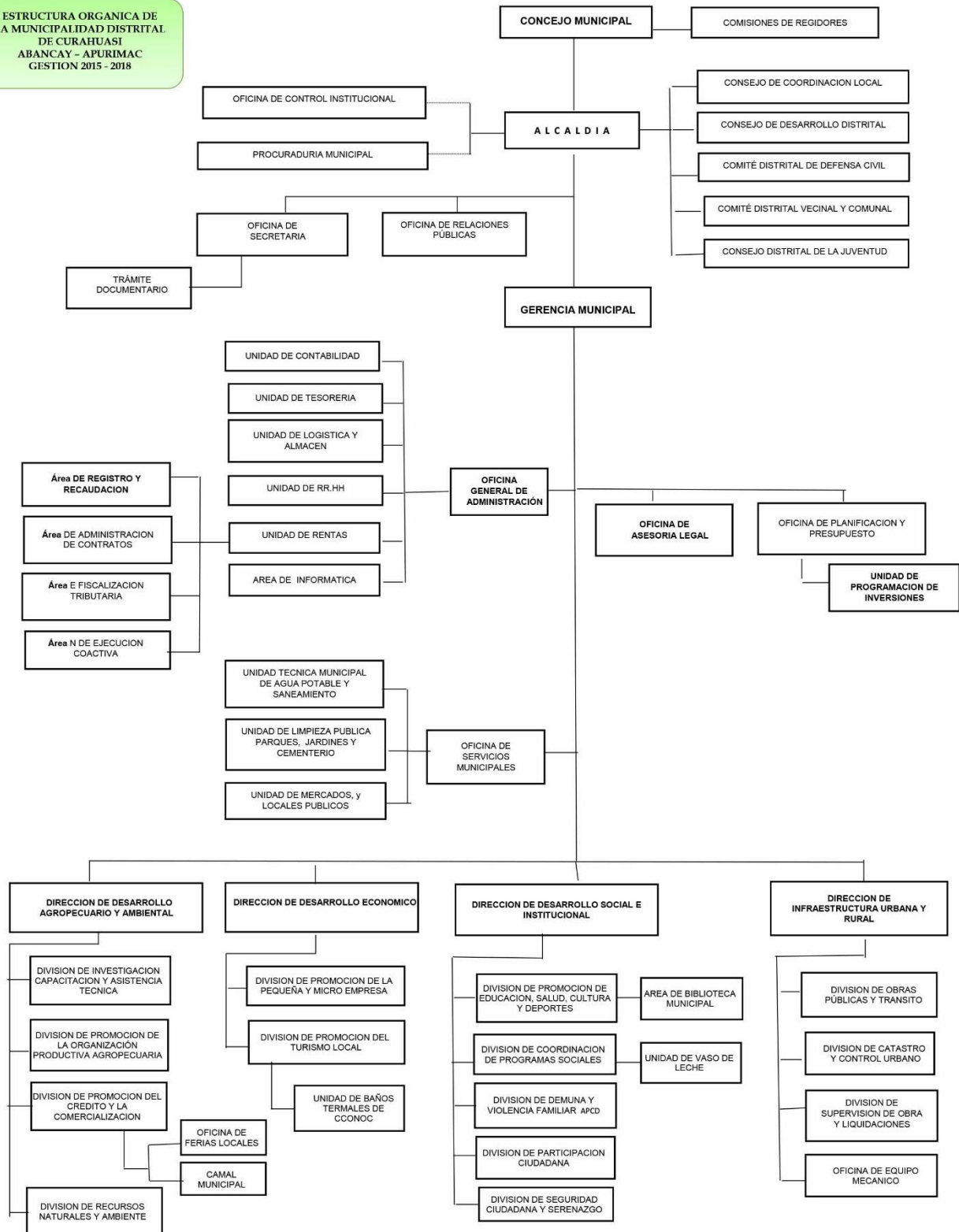
TUESTA, Jehyson (2014) Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos pesados de la empresa Obrainsa. Tesis para optar el título profesional de ingeniero mecánico, Universidad Nacional del Callao, Callao.

Vargas, Welder (2004) Programa de mantenimiento para la maquinaria pesada de la zona vial 11, de caminos en el departamento de Izabel. Tesis para optar el título de ingeniero mecánico, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

ANEXOS

Anexo 1

ESTRUCTURA ORGANICA DE
LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL
DE CURAHUASI
ABANCAY - APURIMAC
GESTION 2015 - 2018



Anexo 2

3.	Retroexcavadoras.	Excavación de zanjas, fosos de excavaciones, etc, en suelos blandos (clasificación I), y poca profundidad (≤ 1.80 m). 12000.00 horas	Excavaciones en suelos de dureza media (clasificación II) y excavaciones medias de hasta 3.00 m. 10000.00 horas	Excavaciones en suelos de dureza media (clasificación III) y excavaciones > 3.00 m. 5000.00 horas
4.	Mototraillas:	Excavaciones y acarreo en suelos blandos (clasificación I); en caminos llanos con buenas condiciones. 10000.00 horas 12000.00 horas	Excavaciones y acarreo en suelos medios (clasificación II); en caminos con ligeras-medias pendientes y condiciones. 15000.00 horas 10000.00 horas	Excavaciones y acarreo en suelos (clasificación III), previo ruteo, por caminos con pendientes medias-fuertes y escabrosos. 10000.00 horas 8000.00 horas
	Convencionales.			
	Auto cargables.			
5.	Cargadores sobre Neumáticos:	Trabajos de carga intermitente en suelos sueltos, uniformes y en zona llana, acarreo de materiales sueltos en plantas industriales, etc, a cortas distancias.	Carga continua de materiales sueltos-semicompactos en áreas irregulares con pendientes ligeras.	Carga de suelos en bancos o pilas semicompactas-compactas, en áreas con significativas irregularidades y pendientes fuertes.

Anexo 3

Reporte de costos de mantenimiento correctivo de las unidades de la Municipalidad Distrital de Curahuasi en el año 2017

N°	Maquina	Modelo	Características de la falla	Monto de la falla
1	cargador frontal	821F	Bases laterales de uñas lado derecho con sus respectivos pernos y tuercas Case	S/. 2,274.50
2	cargador frontal	821F	Bases laterales de uñas lado izquierdo con sus respectivos pernos y tuercas Case	S/. 2,274.50
3	cargador frontal	821F	Pernos y tuercas de cuchilla	S/. 1,006.40
4	cargador frontal	821F	Seguros de uñas de lampón	S/. 1,260.00
5	cargador frontal	821F	Uñas de lampón	S/. 3,555.00
6	cargador frontal	821F	Reparación del turbo	S/. 1,800.00
7	cargador frontal	821F	Reparación y mantenimiento del sistema hidráulico de volteo del cucharón	S/. 3,390.00
8	cargador frontal	821F	Mantenimiento básico al motor	S/. 6,400.00
9	cargador frontal	821F	Puntas o dientes de lampón	S/. 4,054.00
10	cargador frontal	821F	Cuchilla o base del lampón	S/. 4,329.00
11	Motoniveladora	GD-555	Servicio de ajuste de Válvulas del motor	S/. 500.00
12	Motoniveladora	GD 555	Juego de cantoneras de la cuchilla vertedera Hensley	S/. 500.00
13	Motoniveladora	GD 555	Juego de cuchillas de hoja vertedera Hensley	S/. 3,900.00
14	Motoniveladora	GD 555	Pernos Largos arandelas y tuercas Hensley	S/. 100.00
15	Motoniveladora	GD 555	Pernos pequeños arandelas y tuercas Hensley	S/. 800.00
16	Motoniveladora	GD 555	Cambio de kit de regulación de tornamesa y regulación de la misma a todo costo	S/. 1,650.00
17	Motoniveladora	GD 555	Bronce de la hoja vertedera	S/. 1,520.00
18	Motoniveladora	GD 555	Juego de bronce de la hoja vertedera	S/. 3,680.00
19	Motoniveladora	GD 555	Juego de bronce de la tornamesa	S/. 1,650.00
20	Motoniveladora	GD 555	Reparación, relleno y rectificación de pernos de la horquilla.	S/. 600.00
21	Motoniveladora	GD 555	Mantenimiento básico al motor	S/. 2,274.00
22	Motoniveladora	GD 555	cantoneras	S/. 690.00
23	Motoniveladora	GD 555	Cuchillas	S/. 1,650.00
24	Motoniveladora	GD 555	Retenes de las botellas de dirección izquierdo y derecho	S/. 1,610.00
25	Tractor oruga	D6TXL	Servicio de recalzado de 82 zapatas con perfiles 7/8.1 ½ pulgada a todo costo	S/. 8,856.00
26	Tractor oruga	D6TXL	Servicio de reforzamiento de lampón a todo costo	S/. 8,600.00
27	Tractor oruga	D6TXL	Mantenimiento básico al motor	S/. 2,146.00
28	cargador frontal	Wa180	Cambio de empaque de culata	S/. 150.00
29	cargador frontal	Wa180	Rectificación de culata	S/. 600.00
30	cargador frontal	Wa180	Uñas de lampón	S/. 2,200.00
31	cargador frontal	Wa180	Turbo	S/. 6,500.00

32	cargador frontal	Wa180	Servicio de reparación del sistema de freno a todo costo	S/. 3,490.00
33	Retroexcavadora	580SN	Reparación y cambio de empaques del cilindro hidráulico de la pluma y cuchara	S/. 1,500.00
34	Retroexcavadora	580SN	Cambio de batería	S/. 450.00
35	Retroexcavadora	580SN	Mantenimiento básico	S/. 1,780.00
36	Retroexcavadora	580SN	Uñas de lampón	S/. 1,100.00
37	Retroexcavadora	580SN	Cuchilla de lampón	S/. 1,950.00
38	Tractor oruga	D7G	Servicio de reforzamiento de lampón a todo costo	S/. 6,000.00
39	Tractor oruga	D7G	Servicio de ajuste de Válvulas del motor	S/. 500.00
40	Tractor oruga	D7G	Cambio de mangueras	S/. 800.00
41	Tractor oruga	D7G	Servicio de revisión y diagnóstico del sistema eléctrico	S/. 1,000.00
42	Tractor oruga	D7G	Mantenimiento básico del motor	S/. 2,556.00
43	Excavadora	CX350B	Reforzamiento y reconstrucción de uñas a todo costo	S/. 1,500.00
44	Excavadora	CX350B	Planchado y soldadura	S/. 1,200.00
45	Excavadora	CX350B	Pintado con pintura acrílica a todo costo	S/. 600.00
46	Excavadora	CX350B	Mantenimiento básico del motor	S/. 2,390.00
47	Rodillo	Ca 250	Reparación del alternador	S/. 150.00
48	Rodillo	Ca 250	Correa del alternador	S/. 320.00
49	Rodillo	Ca 250	Mantenimiento básico del motor	S/. 1,598.00
50	Volquete	Man	Servicio de reparación y mantenimiento del sistema de aire comprimido	S/. 3,200.00
51	Volquete	Man	Batería de 12V de 17 placas	S/. 500.00
52	Volquete	Man	Mangueras	S/. 250.00
53	Volquete	Man	Servicio de reparación disco de embrague	S/. 750.00
54	Volquete	Man	Mantenimiento básico al motor	S/. 4,069.00
55	Volquete	Man	Mantenimiento básico al motor	S/. 4,069.00
Total				S/. 122,241.40

Anexo 4

821F
921F
Tier 4
Wheel Loader

OPERATOR'S MANUAL


Part number 84548506
2nd edition English
February 2012
Replaces part number 84324413



GSN00445-01

Manual de Operación & Mantenimiento



**ADVERTENCIA**

El uso descuidado de esta máquina puede provocar graves lesiones o muerte. Los operadores y el personal de mantenimiento tienen que leer este Manual minuciosamente antes de operar o hacer el mantenimiento de esta máquina. Este manual debe permanecer cerca o en la máquina para referencia, y ser revisado periódicamente por parte de todo el personal que la opere.

NOTA

Komatsu tiene Manuales de Operación y Mantenimiento escritos en algunos otros idiomas. Si un manual de en algún otro idioma es necesario, comuníquese con su distribuidor para disponibilidad.

ecot3

KOMATSU

580N
580SN-WT
580SN
590SN
Loader Backhoe

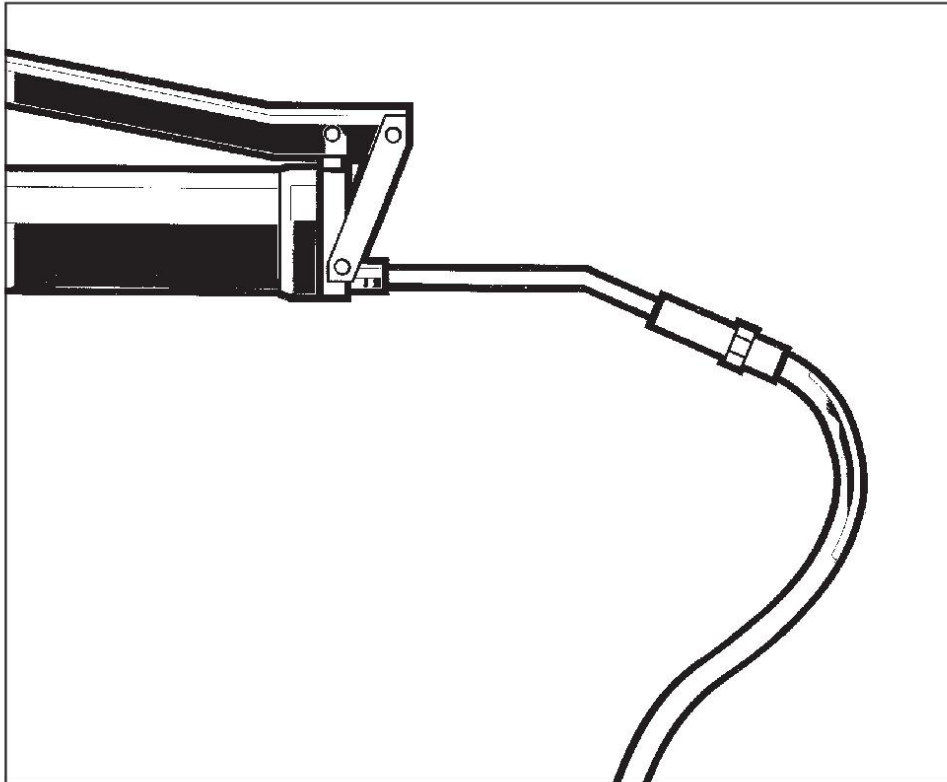
OPERATOR'S MANUAL

Part number 8426 1053
1st edition English
September 2010



DYNAPAC CA 250 MANTENIMIENTO

M250ES3



DYNAPAC
Metso Dynapac AB

Box 504, SE-371 23 Karlskrona, Sweden
Phone: +46 455 30 60 00, Fax: +46 455 30 60 30
www.dynapac.com

GSAM007402



Manual de Operación y Mantenimiento

AVANCE **CARGADORA** **WA180-3**

CARGADORA SOBRE RUEDAS

NUMEROS DE SERIE **WA180-53001** y sucesivos



AVISO

El uso arriesgado de esta máquina puede provocar serias lesiones o muerte. Los operadores y el personal de mantenimiento deben leer este manual antes de manejar o dar servicios a esta máquina. Este manual debe conservarse cerca de la máquina para referencia y revisión periódica de todo el personal que está en contacto con la misma.

ADVERTENCIA

Komatsu dispone de Manuales de Operación y Mantenimiento escritos en otros idiomas. Para obtener un Manual en otro idioma, comuníquese con su distribuidor local.

KOMATSU



SEBU8252-01 de agosto
de de 2007



Manual de Operación y Mantenimiento

D7G D7G y Series II Tractores de cadenas

7MB5000-Up (máquina)
X7C100-Up (máquina)
C7G1000-Up (máquina)

